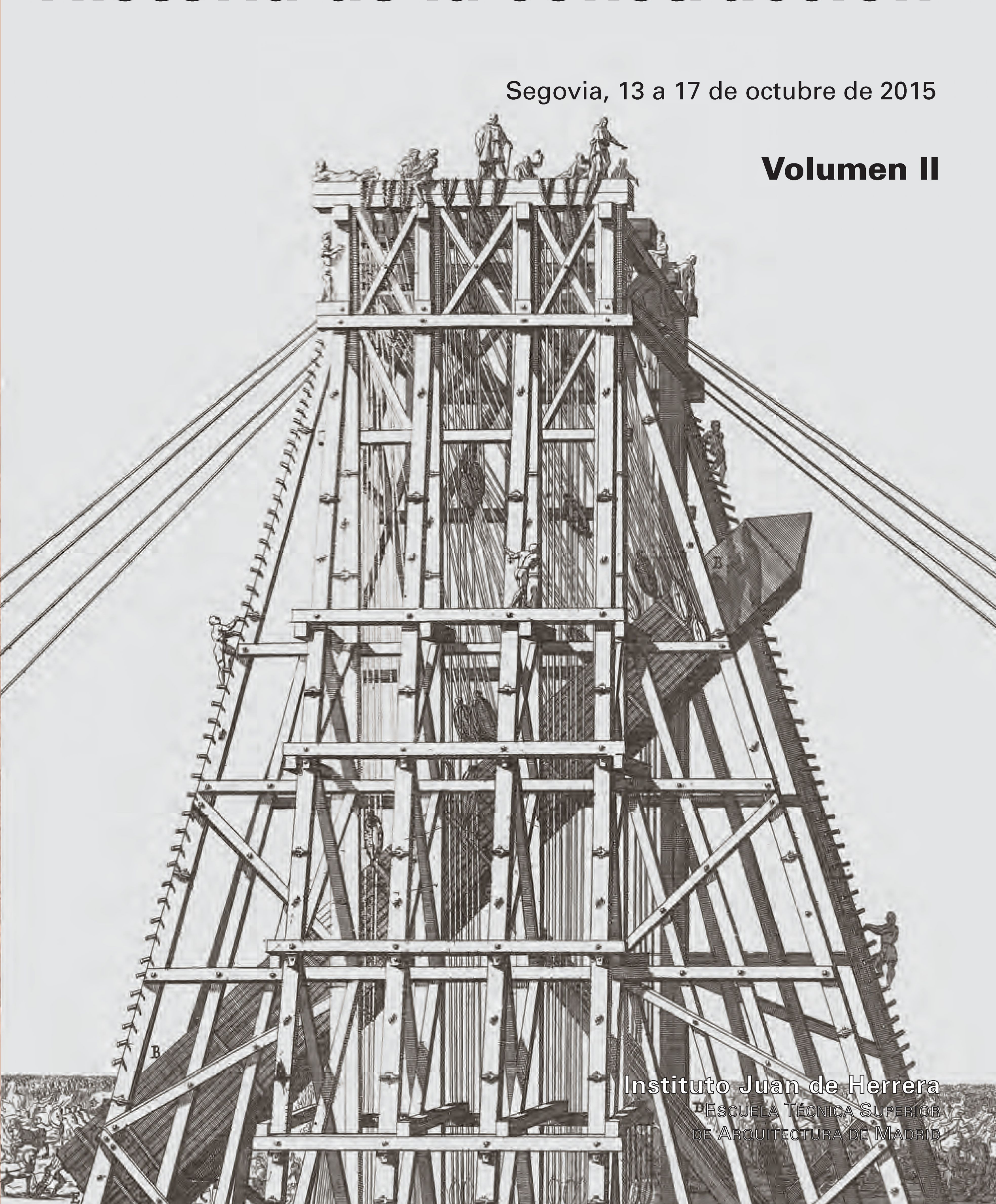
Actas del Noveno Congreso Nacional y
Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la construcción

Segovia, 13 a 17 de octubre de 2015

Volumen II



Instituto Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Textos sobre Teoría e Historia de las Construcciones
Colección dirigida por Santiago Huerta

M. Arenillas et al. (Eds.). **Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

F. Bores et al. (Eds.). **Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Casas et al. (Eds.). **Actas del I Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

A. Choisy. **El arte de construir en Roma**

A. Choisy. **El arte de construir en Bizancio**

A. Choisy. **El arte de construir en Egipto**

A. Choisy. **Historia de la arquitectura** (en preparación)

I. J. Gil Crespo. (Ed.). **Historia, arquitectura y construcción fortificada**

J. Girón y S. Huerta. (Eds.) **Auguste Choisy (1841-1909). L'architecture et l'art de bâtir**

A. Graciani et al. (Eds.). **Actas del III Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

R. Guastavino. **Escritos sobre la construcción cohesiva y su función en la arquitectura**

J. Heyman. **Análisis de estructuras: un estudio histórico**

J. Heyman. **El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica**

J. Heyman. **La ciencia de las estructuras**

J. Heyman. **Teoría básica de estructuras**

J. Heyman. **Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. 2 vols.**

J. Heyman. **Vigas y pórticos**

S. Huerta. **Arcos, bóvedas y cúpulas**

S. Huerta (Ed.). **Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VI Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta et al. (Eds.). **Actas del VII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta y F. López Ulloa (Eds.). **Actas del VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción**

S. Huerta y P. Fuentes (Eds.). **Actas del I Congreso Int. Hispanoamericano de Historia de la Construcción**

S. Huerta (Ed.). **Las bóvedas de Guastavino en América**

S. Huerta (Ed.). **Essays in the History of the Theory of Structures, in Honour of Jacques Heyman**

S. Huerta (Ed.). **Proceedings of the 1st International Congress on Construction History**

J. Monasterio. **Nueva teórica sobre el empuje de las bóvedas** (en preparación)

J. R. Perronet. **La construcción de puentes en el siglo XVIII**

H. Straub. **Historia de la ingeniería de la construcción** (en preparación)

G. E. Street. **La arquitectura gótica en España**

H. Thunnissen. **Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura**

A. Truñó. **Construcción de bóvedas tabicadas**

E. Viollet-le-Duc. **La construcción medieval**

R. Willis. **La construcción de las bóvedas en la Edad Media**

Actas del Noveno Congreso Nacional y
Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Segovia, 13 –17 octubre 2015

Organizado por

Sociedad Española de Historia de la Construcción
Instituto Juan de Herrera
Ayuntamiento de Segovia
Real Colegio de Artillería de Segovia
Archivo General Militar de Segovia
Real Academia de Historia y Arte de San Quirce

Presidente

José Antonio Ruiz Hernando

Director

Santiago Huerta

Comité Organizador

Alfredo Calosci
Paula Fuentes González
Ignacio Javier Gil Crespo
Rafael Hernando de la Cuerda
Fabián López Ulloa
Alba de Luis Fernández
Esther Redondo Martínez
Ana Rodríguez García
Fernando Vela Cossío

Comité Científico

Nacional

Antonio Almagro Gorbea
Miguel Arenillas Parra
Ricardo Aroca Hernández-Ros
José Calvo López
Pepa Cassinello
Manuel Durán Fuentes
Rafael García García
Francisco Javier Girón Sierra
José Luis González Moreno-Navarro
Amparo Graciani García
Santiago Huerta
Rafael Marín Sánchez
Gaspar Muñoz Cosme
Pedro Navascués Palacio
Enrique Nuere Matauco
Enrique Rabasa Díaz
Antonio Ruiz Hernando
Cristina Segura Graíño
Miguel Taín Guzmán
Fernando Vela Cossío
Arturo Zaragozá Catalán

Internacional

Bill Addis (Reino Unido)
Antonio Becchi (Italia)
Tamara Blanes (Cuba)
Dirk Bühler (Alemania)
Luis María Calvo (Argentina)
Antonio de las Casas Gómez (Chile)
Xavier Cortés Rocha (México)
Beatriz del Cueto (Puerto Rico)
Juan Ignacio del Cueto (México)
Andrés Gaviria Valenzuela (Colombia)
Ramón Gutiérrez (Argentina)
Benjamín Ibarra Sevilla (México, EE.UU.)
Ana Angélica López Ulloa (Ecuador)
Joao Mascarenhas Mateus (Portugal)
Mario Mendonça de Oliveira (Brasil)
Roberto Meli (México)
Sandra Negro Tua (Perú)
John Ochsendorf (EE.UU.)
María Isabel Sardón de Taboada (Perú)
Margareth Da Silva Pereira (Brasil)
Daniel Taboada Espinella (Cuba)

Actas del Noveno Congreso Nacional y
Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de

Historia de la Construcción

Segovia, 13 – 17 de octubre de 2015

Edición a cargo de
Santiago Huerta
Paula Fuentes

Volumen II

INSTITUTO JUAN DE HERRERA
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid

Sociedad Española de
Historia de la
Construcción

Instituto
Juan de Herrera
Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid









ISBN:978-84-9728-547-6 (Obra completa); ISBN: 978-84-9728-549-0 (Vol. II)
Depósito legal: M-29976-2015
Portada: Transporte del obelisco vaticano. N. Zabaglia. *Castelli e ponti.* Roma: 1743.
Fotocomposición e impresión: GRACEL

Índice

Volumen I

Conferencias

Comunicaciones

Volumen II

Volumen III

Breves comentarios sobre técnicas y herramientas en la carpintería de armar tradicional

Miguel Carlos Fernández Cabo
José Alonso

Este trabajo no pretende ser un estudio histórico sobre las herramientas de carpintería como los trabajos realizados por historiadoressobre estas herramientas sino ofrecer una visión más intemporal de los tipos y usos de herramientas del carpintería, basándonos en los pocos cambios sustanciales acaecidos en las herramientas manuales usadas por los carpinteros a lo largo de la historia (Petrie 1917; Mercer 1960; Hodge 1960; Goodman 1964; Mc Grail 1982; Izenour 1992). También podemos rastrear el uso histórico de estas herramientas básicamente romanas, en otros investigadores de la historia de la construcción y no solo en la construcción edilicia sino en carpintería de ribera e incluso en carpintería de puentes (Adam 1981, 1994; Giuliani 1990; Jackson 1976).

Este es el caso por ejemplo del hacha, quizá la herramienta de trabajo de la madera más antigua y de mayor pervivencia.Para poder hacer mella en un material y trabajarlo por frotación o por corte se necesita otro material más duro. El primero fue la piedra a la que siguieron diversos metales o aleaciones metálicas hasta llegar al control del hierro colado y luego forjado que fue el que se acabó convirtiendo en el material básico para la fabricación de herramientas. El coste elevado de la fabricación manual de elementos metálicos para realizar uniones en la madera fomentó el desarrollo de uniones carpinteras madera-madera y con ello el diseño y desarrollo de herramienta metálica adecuada para realizar tales operaciones.

Existe un gran consenso entre arqueólogos en reconocer al hacha como la herramienta más antigua para trabajar la madera y muchas otras herramientas han derivado de esta ideacomo es el caso de los escoplos y los formones. Las cuñas, aunque no se puedan considerar propiamente como herramientas, han sido una idea fundamental en el diseño de herramientas basándose en el principio de su funcionamiento que no es otro que limitar al mínimo la zona de contacto con el material a cortar para con la misma fuerza ejercida aumentar la presión reduciendo la superficie de contacto. Al mismo tiempo que la cuña va penetrando su incremento de sección progresiva empuja lateralmente y ayuda a abrir el material en el que penetra. Esta sección acuñada característica de las hachas es la misma que la de los escoplos y formones y en general la de todo herramienta de corte por empuje o golpeo.

En nuestro ámbito occidental nuestras referencias culturales más antiguas vienen de Mesopotamia y principalmente de Egipto, de donde tenemos mayor información arqueológica. En el mundo de la construcción el principal referente occidental es la cultura romana por haber formado, impregnado y pervivido a través de más de veinte siglos. La mayoría de herramientas romanas ya existían en Egipto aunque en Egipto no se conocía el cepillo (se planificaban las tablas por frotamiento con piedras). El uso de la tabla (de cedro) en barcos data del faraón Keops (c. 3.000 a.C.) por lo que hay que suponer que ya en esas fechas tan tempranas ya se había conseguido algún sistema de aserrado de tablas.[1]

Es sorprendente que las herramientas romanas no cambiaran hasta la revolución industrial (Gaitzsch1980) e incluso en esta época con nuevos medios científicos y tecnológicos, lo que cambióesencialmente fue la maquinaria de aserrado y escuadrado de la madera de rollizo para su transformación en diversas escuadrías. Esta pervivencia de la herramienta básicamente romana hasta casi principios del siglo XX se puede observar a través de las ilustraciones de diversos tratados de carpintería (Barberot 1911; Arias y Scala 1895).

Después de estas primeras máquinas industriales para los aserraderos comenzaron a producirse maquinaria semi-pesada accesible a las carpinterías de tamaño medio e incluso pequeño. Este es el caso de las sierras de cinta y de los bancos de cepillado que con ligeras variaciones constituyen la herramienta semi-pesada de todo taller de carpintería medio o pequeño. Esta nueva maquinaría permitiría a los carpinteros proveerse de escuadrías más grandes en los aserraderos para luego deshilar y labrar la madera según sus necesidades. En el caso de España, la industrialización no llega hasta finales del siglo XIX comenzando con las regiones de Catalunya, Levante y Vascongadas alcanzando más tarde al antiguo reino de León, Galicia, y Asturias.[2]

Sin embargo la herramienta manual de trabajo sigue siendo muy parecida a la de los carpinteros romanos. Cepillos, formones, gubias, gramiles, escuadras, cartabones, serruchos y otros enseres manuales típicos del ajuar de un carpintero, podrían intercambiarse entre un f*aber tignarium* (carpintero de armar) romano y un carpintero contemporáneo sin tener que dar explicaciones sobre su manejo y utilidad.

Todo este tipo de herramientas tradicionales de carpintero las podemos encontrar en diversos museos nacionales e internacionales[3] y las semejanzas a lo largo de las distintas regiones del globo terrestre son asombrosas. En algunos casos, como en Oriente, cambia la dirección de empuje (en Oriente se tira de la herramienta mientras que en Occidente se empuja). Lo mismo ocurre con las uniones carpinteras tales como embarbillados, esperas, medias maderas, cola de milano o caja y espiga, que se repiten igualmente a lo largo del globo a través de varios miles de años con muy poca variedad en las soluciones. Todo esto lo podemos seguir no sólo a través de restos arqueológicos sino también en teselados y frescos romanos así como en posteriores policromías, ilustraciones y grabados medievales y renacentistas (figura 1).También podemos seguir la pista de estas herramientas tradicionales a través de la literatura como es el caso de los tratados clásicos de arquitectura y de los tratados específicos de carpintería. Incluso en otras obras literarias genéricas como es el caso de Las Etimologías de Isidoro de Sevilla (s. VI-VII).



Figura 1
Careado del canto de una viga con hacha (izda) y aserrado al hilo con una sierra de aire manejada por dos operarios (dcha). Policromía sobre madera en la armadura de cubierta de la Catedral de Teruel (s. XIII). (Foto del autor)

Herramientas de tala y despiece de los troncos

El sistema de cuarteado con cuñas,[4] quizás el primer sistema de sacar piezas de un tronco,consiste en aprovecharse de las fendas de secado introduciendo cuñas en línea para luego ir golpeándolas progresivamente para forzar el rajado de la fenda hasta el corazón. Si la cuña era de madera se solía empapar de agua para que al aumentar su volumen absorbiendo agua aumentara la presión incrementando así el fendando hasta llegar al corazón y dividir en dos al tronco; esta técnica solo da resultado con las maderas de frondosas ya que con las coníferas es más difícil por el motivo de que los nudos impiden que el fendado radial se prolongue hasta el corazón.

Después de la piedra, las primeras hachas fueron de cobre (posiblemente aleaciones) y bronce hasta llegar al hierro que ha perdurado a través de los siglos. La fundición del metal permita hacer un agujero en el hierro para que pase el mango y no tener que recurrir a fendar en dos el mango para poder alojar la piedra-hacha, como se hacía en la Edad de Piedra. Los egipcios clavaban el hacha en la cabeza del mango.El hierro ha sido el mineral base evolucionando hasta las actuales aleaciones hierro-carbono. Este



Figura 2
Diversos tipos de hachas: (de izda a dcha) hacha pequeña, hacha mediana con culata para clavar, hacha grande de postear en minas, azuela pequeña. En la parte superior, tadonjo labrado con un hacha. (Foto del autor)

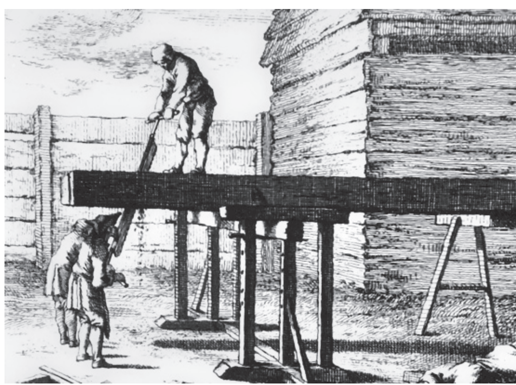


Figura 3
Tronzador para el desenrolle de vigas. El utilizado para el desmonte tiene los mangos en el mismo plano que la hoja de la sierra. Centro de Interpretación de la Carpintería de lo Blanco en Villamayor de Campos, Zamora.(Foto del autor)

nuevo diseño propició que la parte opuesta al filo de la hoja del hacha se pudiera utilizar como martillo obteniéndose de este modo una herramienta mixta que sirve tanto para cortar y trabajar la madera como para golpear y clavar clavos (figura 2). Este tipo de hachas era parte habitual de ajuar de un soldado romano, pues además de ser una herramienta de trabajo también servía como arma de combate (Hanson 1982).

El abatimiento de árboles mediante hachas es uno de los procedimientos más arcaicos. Para este menester las hachas habrán de tener un mango largo y todo el peso posible en su cabeza (hasta donde un hombre pueda manipularlas) ya que el brazo de palanca y el peso en la cabeza aumentan su eficacia de corte. La longitud del filo tampoco deber ser larga pues para la misma fuerza, la presión (penetración) aumenta si se reduce la superficie de impacto. Esta idea de hacha la podemos observar en la que actualmente usan los aizcolaris vascos en sus concursos de cortar troncos. Por el contrario, las hachas usadas para perfilar tienen mayor longitud de filo. Aunque existe una gran variedad en la forma exacta de la cabeza del hacha, una diferencia fundamental está en el tamaño del mango. Esto genera una clasificación básica según que el hacha esté pensada para usarse con dos manos o con una sola. Las de dos manos se conocen también como hachas de vuelo y son las que se suele utilizar para talar y para hacer leña.

La evolución importante en las herramientas de tala se produjo al inventarse la sierra, que consiste en una hoja plana de una aleación metálica a la que se le han practicado unos cortes en forma de dientes afilados que son capaces de producir desgarros en las fibras de la madera cuando se pasa repetidamente sobre ella en ambas direcciones. El origen del dentado de las sierras es incierto aunque puede suponerse que se haya inspirado en las filas de dientes de los animales carnívoros que se clavan en la carne y luego tiran y la desgarran. Las sierras de tronzar utilizadas en el desmote y desenrolle (figura 3) ya aparecen en algunos pictogramas egipcios. Consiste en una hoja grande con el filo dentado y suelen tener dos mangos para usarse entre dos hombres, tirando alternativamente uno de cada lado.

Herramientas de aserrado

Una vez descortezado el tronco con hachas o azuelas, se podía utilizar sin más como piezas estructurales de una primitiva estructura de cubierta o bien se podía proceder a planificar una de sus caras para que sirviera de apoyo fácil a un entablado que formaría un forjado habitable. Estas vigas de rollizo también se podían carear por la parte inferior para clavar un cañizo como soporte de un enyesado para mejorar el aislamiento y acabado del techo del forjado. El careado de la cara horizontal superior e inferior de las vigas se realizaba con azuelas mientras que el careado vertical o de can-



Figura 4
Viga de rollo careada por la cara superior para asentar la tabla. Se puede apreciar claramente los golpes de la azuela en el descortezado del rollo. (Foto del autor)

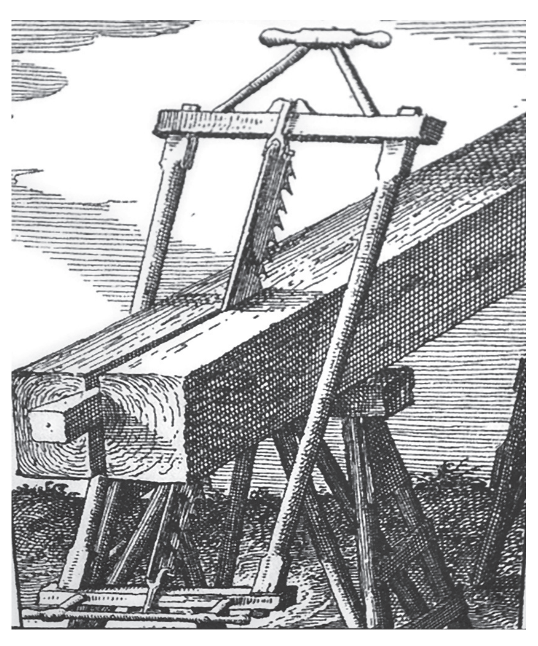


Figura 5
Uso de cuñas en el aserrado de vigas con una sierra de aire para evitar que se atore la hoja por causa del serrín verde y el secado rápido del corazón. Centro de Interpretación de la Carpintería de lo Blanco en Villamayor de Campos, Zamora. (Foto del autor)

to se realizaba con hachas de carear que sólo tenían el afilado a una cara y que se diferenciaba de las corrientes de tala. Tenían los mangos curvados para la protección de las manos y poder controlar mejor las líneas que se marcaban con cuerdas sobre el tronco. La longitud de los mangos de estas herramientas ha de permitir trabajar cómodamente encima de la viga; los largos de mangos sueles variar entre 75 y 85 cm. Estas herramientas se califican como de vuelo.

Cada herramienta de trabajo deja una huella o impronta específica en la madera por su manera de atacarla y cortarla (figura 4). El análisis de la impronta de la herramienta en la madera es un buen procedimiento para detectar las técnicas utilizadas en su elaboración y atribuirlas a distintos períodos históricos (Darrah 1982).

La viga careada a los cuatro caras y escuadrada –en ángulos rectos– es la base para obtener otros productos como son el cuartón o vigueta,[5] que es el resultado de serrar la viga longitudinalmente en dos mitades dando lugar a cuatro piezas (de ahí «cuartón», cuarto de viga).

Esta división de la viga en escuadrías menores no fue posible hasta que se inventaron las sierras braceras o de cuartear, también conocidas como sierras de aire[6] (figura 5). Existen dos formas básicas de sierras de aire, que como en el caso de las hachas, colocan el plano de la hoja de la sierra en diferente posición en relación al plano de la herramienta. En un caso la hoja se sitúa en el mismo plano que el plano de la herramienta.

Este tipo de sierra conocido como sierra de bastidor o bien su versión más simple y pequeña de sierra de arco o sierra de espigar y se utilizaba para serrar perpendicularmente a la fibra o para tramos cortos en la dirección longitudinal. La otra variante consistía en colocar la hoja perpendicular al plano de la herramienta. Esta se conocía como sierra de aire, braceras o de cuartear y se utilizaba para serrar en la dirección longitudinal de la fibra, que no es otra que la dirección longitudinal del tronco. Estas, junto con los tronzadores, eran las utilizadas para sacar los cuartones, los tablones y las tablas.

Los romanos usaban varios tipos de sierras según el trabajo a que se destinaban: sierras de arco, sierras de bastidor (pequeñas y grandes), tronzadores, sierras de aire para deshilar y diversos serruchos de mano (Gaitzsch1985) (figura 6).

De los serruchos de mano cabe diferenciar entre los que llevas costilla o rigidizador en la parte superior de la hoja para evitar que no se curve la hoja al

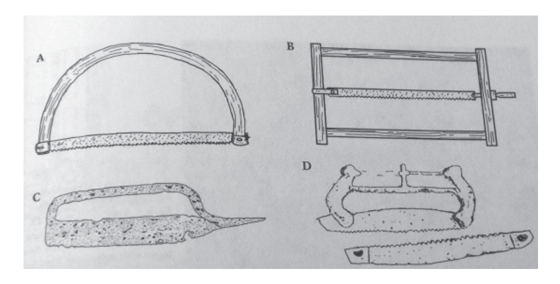


Figura 6
Diversos tipos de sierras romanas similares a las utilizadas en la actualidad (Gaitzsch 1985)

empujar, y los que no llevan costilla para permitir que la hoja atraviese completamente la madera. La costilla aumenta la rigidez de la hoja de la sierra pero en contra impide que pueda atravesar la madera siguiendo el ancho de filo de la hoja. De los serruchos sin costilla tenemos los grandes conocidos como serrotes o serrones, y otros más pequeños conocidos como serruchos sin costilla y los serruchos de punta o de contonear, que son de hoja de poco canto para permitir realizar aserrador siguiendo trazados curvos.

Serrar la madera en el sentido longitudinal y en tramos largos para obtener tablas siempre fue uno de los retos tecnológicos de la antigüedad. La sospecha de la primera aparición de esta herramienta de corte de la madera se atribuye al comienzo del período Helenístico en el que comienzan a ser habituales restos arqueológicos de puertas de casetones en los que se utilizaban tablas producidas con este tipo de herramientas que las hacía asequibles a muchas familias y no solo a los reyes o a la nobleza (Ulrich 2007).

La producción económica de tablones y tablas supuso un cambio tecnológico de gran impacto no solo en la arquitectura sino en todo tipo de mobiliario, aparatos e instrumental que tenía su materia prima en la madera.

Este impacto fue aún mayor en la revolución industrial con la aparición de máquina a vapor y luego electromecánicas que movían sierras de cinta en aserraderos industriales. Los rollizos se cargaban sobre unos trenes de aserrado que avanzaban sobre la sierra de cinta en movimiento produciendo tablas, tablones y todo tipo de escuadrías según demanda del mercado (figura 7).

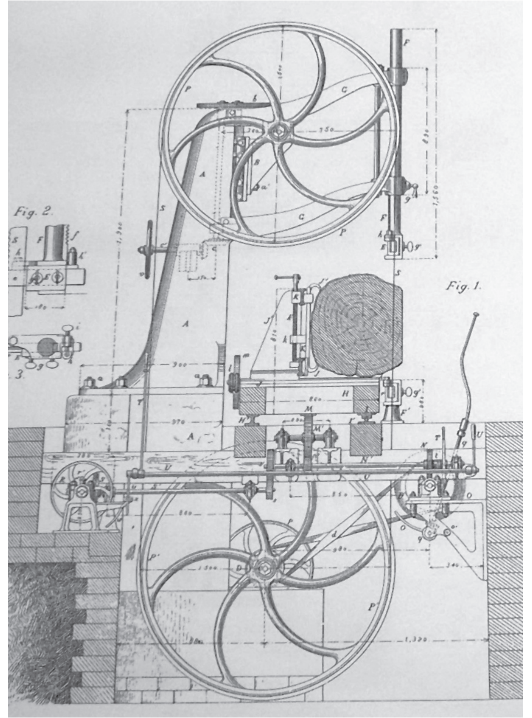


Figura 7
Sierra de cinta del siglo XIX que supuso un avance extraordinario por la facilidad de conseguir escuadrías de tablones y tablas, además de carear las vigas (Arias y Scala, 1895)

Herramientas de labra

Los primeros cepillos para planificar perfiles en los procesos de labra de la madera se atribuyen al período helenístico griego lo que permitió que empezaran a proliferar las puertas de casetones (entre V y II dC) aunque no se han encontrado cepillos griegos. Las investigaciones etimológicas sobre la palabra latina –*runcina*- derivado del griego –*rhykane*- avalan esta hipótesis. Los cepillos romanos más antiguos se han encontrado en Pompeya (79 aC, entre 21 y 43,9 cm). Los cepillos con solera metálica suponen una innovación tecnológica (Gaitzsch 1980) (figura 8).

La idea proviene del uso de la azuela, arrastrándola en vez de golpeando la madera. El invento lo que hace es utilizar una base plana en hierro o madera, e incorporar una cuchilla desmontable bien afilada que sobresale ligeramente por la base plana del soporte

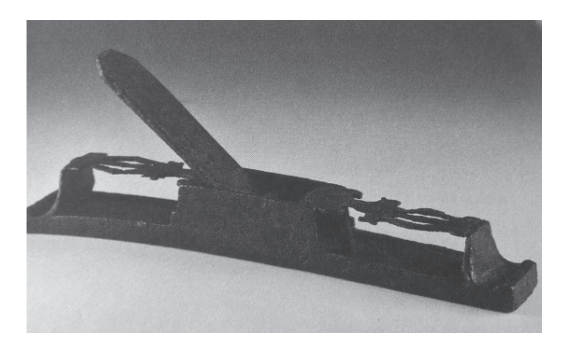


Figura 8
Armazón metálico de un cepillo romano (Gaitzsch, 1980)

que fija la cuchilla. En varios museos europeos pueden observarse restos de estos cepillos romanos en diferente grado de conservación (Ulrich 2007), aunque también es cierto que solo han llegado hasta nosotros menos de 20 unidades (Gaitzsch 1980).

La variedad de cepillos utilizados por los carpinteros es enorme, evolucionando a lo largo de los años en perfección y adaptabilidad en función del trabajo específico requerido. Cada uno tiene su propio nombre: garlopa, garlopín, cepillo de testa, guillamen, etc. (figura 9).



Figura 9
Cepillo de mano y guillamen. El cepillo sigue siendo esencialmente una herramienta similar a la usada por los carpinteros romanos. Centro de Interpretación de la Carpintería de lo Blanco en Villamayor de Campos, Zamora. (Foto del autor)

Herramientas de despiece y armado de uniones

Las uniones típicas más universales en la madera son la media madera y la caja y espiga[7] así como las esperas y embarbillados, muy similares a las utilizadas por los romanos y otras culturas milenarias (Weeks 1982). Para su mecanización suelen utilizarse estos dos tipos de serruchos aunque es necesario también el uso de formones para remates y ajustes a la hora de armar las piezas (figura 10). También es imprescindible el uso de escoplos para vaciar las cajas, mortajas o escopleaduras. El formón es básicamente una cuchilla formada sobre una pletina de hierro afilada a pico flauta por uno de sus extremos y embutida en un mango de madera por el otro. Los laterales de la hoja suelen también biselarse aunque sin corte, salvo en el caso del escoplo en que los bordes son rectos a escuadra para facilitar la rectitud en el escopleado de las cajas.



Figura 10
Gubias, formones y cuchillas de desbaste y alisado de procedencia romana (Ulrich 2007)

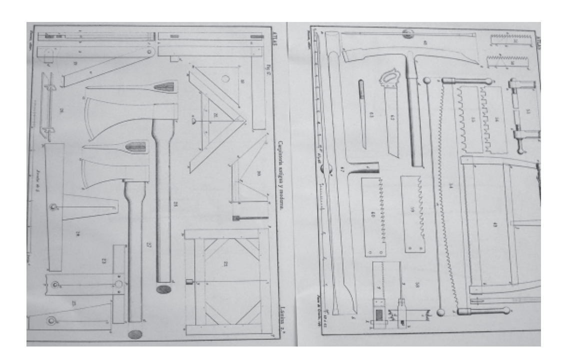


Figura 11
Diversas herramientas de carpintería usuales en el s.XIX: Tronzador, sierras de aire, serruchos, berbiquí, cepillos, garlopas y cepillos curvos (Arias y Scala 1895)



Figura 12
Clavos y clavijas de hierro de diferente tamaño y forma (izda.). Herrajes de una puerta quicialera (dcha.). (Foto del autor)

Para afianzar las uniones se utilizaban clavijas de madera –no hay que olvidar que históricamente el hierro siempre fue un producto caro para un carpintero- para evitar que se movieran o salieran de su cunadebido a acciones imprevistas como por ejemplo las succiones provocadas por el viento. La clavija es una especie de pasador hecho de madera para lo cual se necesita taladrar primero el perfil sobre el que se iba a insertar. Si son clavijas de sección grandes se pueden hacer un vaciado previo con un formón, pero si son pequeñas lo usual es utilizar un taladro manual o berbiquí que no es otra cosa que una especie de tornillo con un mango excéntrico que permite avanzar el tornillo a la vez que se empuja (figura 11).

Una vez realizado el agujero se introduce la clavija y ésta evita que la unión se mueva de su sitio. Antiguamente existía un tipo de berbiquí que se conectaban a una especie de arco con cuerda que provocaba manualmente su giro, al igual que se hacía con los tornos antiguos para provocar el giro y la fricción en la punta del berbiquí. Este tipo de instrumentos de taladrado aparece en la carpintería de ribera del antiguo Egipto. Arquímedes es el que nos hace llegar el conocimiento científico de la espiral del taladro con las características de su trazado geométrico y sus propiedades mecánicas.

Cuando eran inevitables o compensaban la labor de mecanización, las uniones se afianzaban con clavos y pasadores de hierro forjado a base de mazo y yunque (figura 12). El clavo romano y el clavo del renacimiento son prácticamente iguales en formato y en proceso de fabricación. En las excavaciones de Numancia se pueden observar todo tipo de clavos de hierro tanto por su forma como por su aplicación.

Herramientas de traza

Entre carpinteros era usual el uso de escantillones y gramiles que permitían mediante un punzón incorporado, marcar trazas paralelas a un borde con tolerancias próximas a 1 mm (figura 13).Los gramiles también se han utilizado para realizar rayados decorativos en los papos de las alfardas y además servían para separar las bandas de colores en la policromía. Para esta función también se utilizaban acanaladores que son parecidos a cepillos con una cuchilla estrecha y un poco más profunda. Ya en el mundo romano existían este tipo calibres para transportar medidas precisas.

Cuando se está practicando la labra de los perfiles era usual utilizar compases de grueso, tanto de calibrado interior como interior (para las cajas). Igualmente era común el uso de compases de puntas para trasladar distancias cortas así como el compás de varaspara distancias largas (figura 14). Otra herramienta de traza fundamental es la escuadra de mano con la que podemos asegurar el escuadrado de perfiles en la labra. En carpintería es usual que las escuadras tengan hojas de distinto grosor para de esta manera apoyar el borde de la más gruesa sobre el borde del perfil y así poder deslizar y ajustarse mejor a la hora de marcar con la otra hoja. Otro juego de herramien-

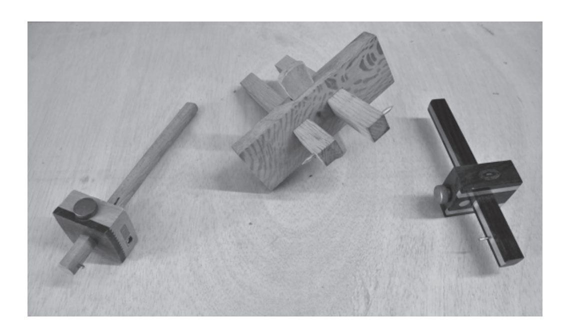


Figura 13
Gramiles sencillos y dobles. (Foto del autor)

tas muy usual eran los cartabones, especie de triángulos de madera cortados a distintos ángulos muy útiles en la traza y corte de la carpintería de armar. Los cartabones son imprescindibles en el trazado de cubiertas y en la carpintería de lazo (figura 14). La falsa escuadra, también conocida como saltarregla en cantería, es una herramienta de traza muy útil cuando trabajamos con ángulos distintos de 90º lo que es habitual en armaduras de cubierta.

La cuerda de replanteo se utiliza sobre todo para el replanteo de la traza a la hora de carear vigas y tablones y también es útil en los replanteos de obra en la carpintería de armar. Y por supuesto el nivel de plomada sobre un cartabón cuadrado es una referencia básica para el replanteo en la obra. Los romanos utilizaban mesas de agua con mirillas niveladas para pasar niveles a distancias grandes como era el caso de la construcción de acueductos o canales de suministro de agua donde la precisión en la nivelación era fundamental para que no se produjera una excesiva velocidad en la corriente del agua, lo que acabaría provocando un excesivo desgaste de los paramentos del canal.

Conclusiones

Desde que los Hititas introdujeron el mineral de hierro en las aleaciones metálicas para fabricar armas y herramientas, el hierro, en sus diferentes aleaciones y tratamientos ha sido el material básico para la fabricación de herramientas manuales a lo

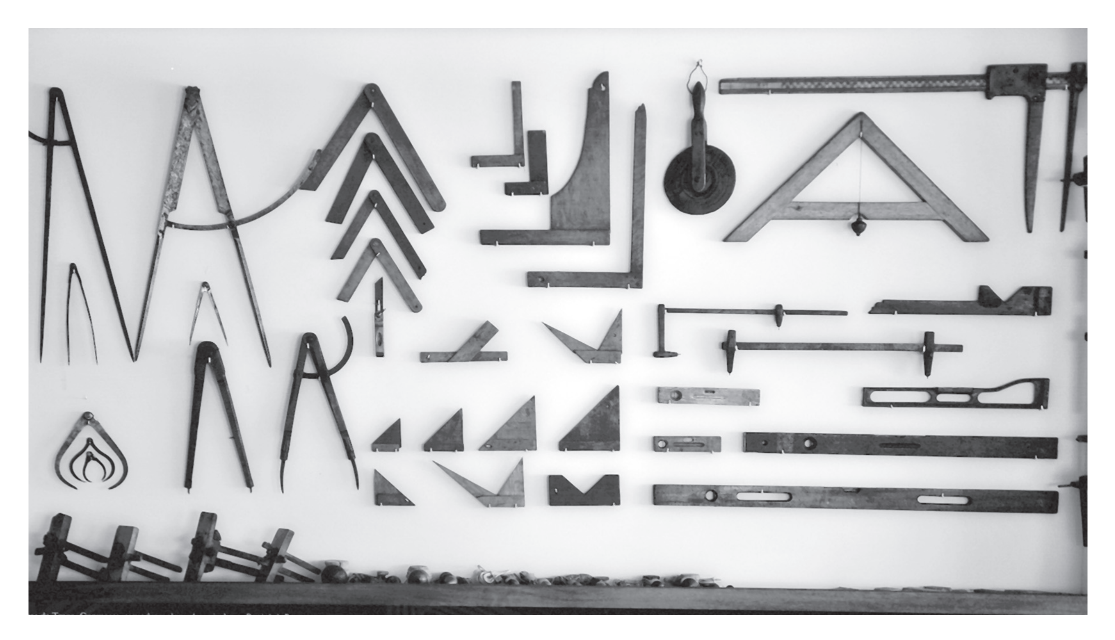


Figura 14
Juego de herramientas de traza habituales en el ajuar de un carpintero. Centro de Interpretación de la Carpintería de lo Blanco en Villamayor de Campos, Zamora. (Foto del autor)

largo de la Historia. Igualmente la madera ha sido la extensión de la mano humana como mango para el uso de estas herramientas. Las primeras ideas que dieron lugar a herramientas muy básicas siguen siendo válidas hoy día con ligeras variantes. Las hachas, sierras, formones y cepillos son muy similares a las herramientas usadas por un carpintero romano. En la revolución industrial hubo un gran avance en la fabricación de maquinaria y en el siglo XX hubo una revolución en la incorporación de la energía eléctrica a las herramientas manuales electromecánicas. Sin embargo todo carpintero siempre lleva consigo ciertas herramientas manuales como formones, serruchos, escofinas o pequeños cepillos que siguen siendo útiles hoy día. Los hierros dulces que mantenían poco tiempo el filo en buen estado han sido sustituidos por aceros que conservan durante más tiempo la calidad de corte. Pero aún así hoy en día, cuando realmente queremos una corte o ajuste muy fino, debemos buscar un compromiso entre la dureza del acero y su ductilidad. Las herramientas tradicionales de carpintero no solo se han conservado con pocas modificaciones a lo largo del tiempo sino también del espacio a través de las distintas culturas del planeta. La gran variedad de útiles y herramientas para el trabajo de la madera así como la precisión en su ejecución, han convertido a la carpintería en todos sus ámbitos –carpintería de taller, de armar, de ribera, etc.- en uno de los pilares básicos del desarrollo tecnológico de la Humanidad. Ningún otro oficio o actividad ha tenido una variedad tan grande y especializada de tipos de herramientas.

Notas

1. En la maqueta procedente de la tumba de Meket-Ra, podemos observar el sistema que empleaban para hacer tabla los egipcios; fijaban la madera a un madero elevado sobre el suelo al que ataban a garrote la pieza a cortar para luego aserrarla, empleando grandes serruchos sin costilla con mango curvado que se manipulaba entre dos personas, a diferencia de los tronzadores de los últimos tres siglos que tienen empuñadura guarda-montes para proteger la mano en caso de rotura de la madera.
2. Un caso concreto como el de la provincia de Zamora -con gran tradición carpintera- nos puede ilustrar hasta donde llegaba en España la mecanización de las herramientas de carpintería en los pequeños y medianos talleres. En esta ciudad en los años 60 del pasado siglo XX solo existían cuatro máquinas combinadas y tres sierras de cinta que se dedicaban al aserrado de vigas y cuarteado de madera para carpinteros. De ellas dos eran propiedad de talleres de carpintería y las otras dos se dedicaban a mecanizar para pequeños talleres. Hasta ese momento todo el proceso de transformación se hacía a mano por lo que aún quedan carpinteros vivos que conocen todas las técnicas y uso de herramientas manuales de carpintería que han sobrevivido a lo largo de varios miles de años.
3. Algunas de las herramientas de carpintería expuestas en las vitrinas de varios Museos Internacionales están mal catalogadas o están atribuidas a oficios distintos.
4. Esta práctica de cuarteado de rollizos con cuñas se empleó hasta los años 60 del pasado siglo XX en las zonas rurales de las zonas asturleonesas y la Raya de Salamanca y Portugal hasta Cáceres.
5. Una práctica muy empleada hasta principios del siglo XX en el espacio rural español era que la madera llegara a los talleres artesanales escuadrada a hacha y en ellos se serraban a las escuadrías que necesitaban; otra práctica consistía que para su venta por piezas en los corrales de la madera (almacenes) se cuarteaba en divisiones regladas como eran la de viga, la de media viga, y la de cuarta o cuarta parte de la viga dependiendo de la escuadría de la viga; para esta práctica conocida como de cuartear, existía una sierra igual que la bracera de aire, algo más pequeña, conocida como de cuartear que tenían una hoja de sierra montada sobre un armazón de madera que se tensaba con cuerdas a garrote. Se usaban para serrar escuadrías medias y también para espigar –formar espigas-, nombre con el que también eran conocidas.
6. Los romanos tenían varios tipos y tamaños de sierras parecidos a los utilizados en nuestros días como la sierra bracera o de cuartear, también conocida como de aire, si bien en España para nosotros la de aire es una sierra singular en diseño parecida a un gran tronzador con soportes metálicos y un mango torneado para manejarlas con las dos manos dos personas; en la zona de la Raya –Entre España y Portugal- son conocidas como portuguesas, por ser de esta tierra los jornaleros nómadas que recorrían la frontera desde Oporto a la Coruña y Asturias. Basándose en este diseño de sierra de aire se construyeron en España algunos aserraderos semiindustriales que utilizaban sierras maquileras movidas por agua como la que existió en Santa Marta de Tormes (Salamanca) y aun funcionó hasta principios del siglo XX.
7. No hay datos precisos de la procedencia del sistema de unión a base de caja y espiga aunque la lógica contundente de la solución se ha manifestado desde muy anti-

guo a lo largo de las distintas culturas del planeta. Como ejemplo podemos citar su presencia en las maquetas egipcias de Deir el Bahari y de la tumba de Meketre; en ambos casos hay una representación de un hombre escopleando en una posición y manejo de la herramienta que cualquier carpintero actual puede reconocer de inmediato.

Lista de referencias

Adam, J.-P. and T. Adam. 1981. La Techniche construttive a Pompei. *In Pompei 1748-1980. I Tempi della Documentazione*. Exibition Catalog. Rome.

Adam, J.-P. 1994. *Roman building*. Bloomington.

Alberti, Leon Battista (1404-1472) 1991. *De re aedificatoria***.** Akal.

Arias y Scala, Federico. 1895. Carpintería antigua y moderna: tratado general teórico práctico para uso de carpinteros…

Barberot, E. 1911. *Traité pratique de charpente***.** Librairie Polytechnique Ch. Béranger.

Darrah, R. 1982. Working unseasoned oak. In *Woodworking Techinques before A.D. 1500,* BAR-IS. Mc Grail, London. pp. 219-230.

Gaitzsch, Wolfgang. 1980. Eiserhe römische Werkzeuge. Studien zur römischen Werkzeugkunde in Italien und den nördlichen Provinzen des Imperium Romanum, 2 vols. BAR-IS 78. Oxford.

Gaitzsch, Wolfgang. 1985. Werkzeuge und Geräte in der röminischen Kaiserzeit, eine Übersicht. ANRW II.12.3

Giuliani, C. F. 1990. *L'edilizia nell'artichitá*. Rome.

Goodman, William L. 1964.*The History of Woodworking Tools*. London.

Hanson, W.S. 1982. Roman Military Timber Buildings: Construction and Reconstruction. In *Woodworking Techinques before A.D. 1500,* BAR-IS. Mc Grail, London. pp. 169-186.

Hodge, A.T. 1960. The Woodwork of Greek Roofs. Cambridge.

Jackson, D. A. and T.M. Ambrose. 1976. A Roman Timber Bridge at Aldwincle, Northants. *Britannia* 7:39-72.

Mercer, H.C. 1960. *Ancient Carpenter's Tools*. 3d. ed. Doyleston.

Mc Grail, S. ed. 1982. *Woodworking Techniques Before A.D.1500. Paper presented to a symposium at Greenwich in September 1980 (*BAR-IS 129). Oxford.

Izenour, G.C. 1992. *Roofed Theaters of Classical Antiquity*. New Haven.

Petrie, W.M.F. 1917. *Tools and Weapons Illustrated by the Egiptian Collection in University College, London.* London.

Ulrich, R.B. 2007. *Roman Woodworking.* Yale University Press, New Haven and London.

Vitrubio Polión, Marco. [I a.C]. 1997. *De architectura*. Giulio Einaudi.

Weeks, J. 1982. Roman Carpentry Joints: Adpoption and Adptation. In *Woodworking Techniques Before A.D.1500. Paper presented to a symposium at Greenwich in September 1980 (*BAR-IS 129). Oxford.

Del *storefront* al *curtain wall*. Orígenes tecnológicos de la fachada acristalada

Ignacio Fernández Solla

Modernity is the transitory, the fugitive, the contingent (Charles Baudelaire 1860)

Los precedentes del muro cortina acristalado antes de su eclosión en Estados Unidos en 1950-55 han sido poco estudiados. Sigfried Giedion describe varias etapas en la evolución hacia el muro cortina a partir del Crystal Palace en 1851, hasta el momento de madurez con la Lever House y el Seagram (Giedion [1941] 2009, págs. 398, 471, 509 y 569). Reyner Banham critica la narración de Giedion sobre el progreso tecnológico como base del movimiento moderno (Banham [1969] 1984, 15-17), y centra su análisis del muro cortina en la falta de mecanismos de control ambiental. (Banham [1969] 1984, 152-158).

David Friedman, David Yeomans y Scott Murray analizan con más detalle la prehistoria del muro cortina. Friedman afirma que el muro cortina acristalado sería un desarrollo técnico del lucernario acristalado y del frente comercial (Friedman 1995, 122-123). Yeomans, después de una investigación preliminar (Yeomans 1998) concluye que el muro cortina acristalado tendría un doble origen: la extensión de la ventana y el cerramiento de la fábrica (Yeomans 2001). Murray se basa más en arquitectos e imágenes y menos en hipótesis sobre la evolución de las soluciones constructivas (Murray 2009, Part 1).

Esta ponencia continúa el camino iniciado por Friedman y Yeomans, centrando el objetivo en el *glazed wall*. Se proponen tres tipos edificatorios detrás del nacimiento del muro cortina acristalado:

a) *la ventana industrial*, que aumenta progresivamente de tamaño para dar lugar a las *daylight factories* a lo largo del siglo XIX y primeras décadas del XX, basada en la tecnología del hierro fundido y el acero laminado con vidrios convencionales tipo *sheet glass* o *window glass* relativamente pequeños, con fijación del vidrio a base de masilla o *putty*;

b) *la cubierta acristalada* de los invernaderos ingleses y alemanes, que se extiende a las estaciones de ferrocarril y a los atrios en general, basada en la tecnología del *patent glazing*, con perfiles de hierro o acero en T y vidrios tipo *sheet glass* o armado de tamaño medio, con fijación del vidrio mediante atornillado de chapas metálicas deformables; y

c) *el frente comercial* en tiendas de planta calle o en centros comerciales multiplanta, basado en la tecnología del *polished plate glass* o luna pulida de grandes dimensiones, soportada por perfiles metálicos ligeros, primero de cobre o latón, después de acero y aluminio, con vidrio fijado mediante chapas metálicas deformables que más tarde se sustituyen por juntas de goma.

Cuando se analiza el muro cortina estándar o *stick system* desde el detalle de sus componentes y materiales, aparece como una convergencia entre los tres tipos edificatorios indicados. Sin embargo, muchos componentes del muro cortina moderno provienen de la tecnología del frente comercial, la conexión menos

estudiada y menos esperable de las tres, que es la que se desarrolla en este estudio.

La primera acepción de *curtain wall* en construcción se refiere a la fachada no portante de mampostería en los edificios con pórticos de hierro (Birkmire 1894). A partir de 1920 el término *curtain wall* se desplaza hacia las fachadas de chapa metálica corrugada o perfilada que cubre los frentes de las fábricas norteamericanas (Davison 1950). Tras el triunfo de la fachada ligera acristalada en Norteamérica a partir de 1950, el término muro cortina pasa a representar las fachadas acristaladas. Por tanto durante el período de esta investigación la fachada acristalada no era un *curtain wall* sino un *glazed wall*, *window wall*, *glass box* o bien un simple *storefront*; frente comercial o escaparate.[1]

La prehistoria del frente comercial moderno: 1830–1906

En el Londres de 1830, al inicio de la era victoriana, se publicaron los primeros catálogos comerciales con frentes de tiendas listos para instalar.[2] La nueva época mantuvo algunos materiales, como los perfiles separadores de vidrios en madera, pero trajo otros como el hierro fundido y el vidrio pulido de grandes dimensiones (figura 1).

Los perfiles de hierro fundido se introdujeron en los frentes comerciales británicos hacia 1820. El vidrio plano pulido en frentes de tiendas fue muy poco habitual hasta 1840 por su coste. Dos edificios con fachada de hierro fundido y vidrio pulido en Gran Bretaña son el Gardner's Warehouse de John Baird (1856) y el Ca' D'Oro Building de John Honeyman (1872), ambos en Glasgow. No parece correcto considerarlos como una adaptación del Crystal Palace a edificios multiplanta; ni su modulación ni el tamaño de los vidrios lo apoyan. Más bien se trataría de los primeros casos en los que el frente comercial asciende desde la planta baja y ocupa toda la fachada en edificios dedicados al comercio.

La fachada en hierro fundido, extendida en Estados Unidos por James Bogardus o Daniel D. Badger, se expandió a través de la venta por catálogo.[3] Entre 1850 y 1900 se produjo una explosión de edificios con frentes en hierro fundido en Nueva York, Saint Louis o Portland. Con todo, no es posible establecer una relación directa entre el hierro fundido y el muro cortina acristalado, pues el funcionamiento estructural del primero era el de una estructura porticada, no el de un revestimiento.

El eje comercial europeo en el cambio de siglo pasa por París, Bruselas, Viena y Berlín. En 1899 se abre en Bruselas el Magasin Old England de Paul Santenoy con cinco plantas de vidrio, estructura vista de hierro fundido y frisos cerámicos. En 1903, también en Bruselas, Víctor Horta termina los Magasins À L'Innovation, donde la estructura metálica y el vidrio salen a la fachada. Quizá no tienen la riqueza formal de la Maison du Peuple (Horta, Bruselas 1899), pero marcan la evolución del Art Nouveau hacia la transparencia y la independencia entre estructura y revestimiento.

En París entre 1870 y 1887 se completan los Magasins Le Bon Marché, de Armand Moisant con Louis Charles Boileau. La luz natural entraba cenitalmente a través del atrio, como en los almacenes Printemps de Paul Sedille, de 1881-83. Otros almacenes parisinos introducen la fachada acristalada: el Grand Bazar de la Rue de Rennes de Henri Gutton en 1906, y el segundo edificio de La Samaritaine, proyectado por Frantz Jourdain en 1907.



Figura 1
Lámina II de «On the construction and decoration of shop fronts in London». (N. Whittock 1840)

La Anker-Haus en Viena, de Otto Wagner en 1895, es un paso intermedio: un gran frente comercial acristalado en las dos primeras plantas con un invernadero acristalado en el ático. También en Viena, Wagner resuelve en 1899 el frente comercial de las viviendas en Linke Wienzeile 38-40, con una esquina de dos plantas completamente acristalada. La exposición del edificio Portois & Fix, construido por Max Fabiani en Viena en 1901, se desarrolla en dos plantas con una mezzanine intermedia, lo que justifica la gran altura del frente acristalado a la calle. Las platabandas de acero que sujetan las grandes planchas de vidrio pulido a los montantes se atornillan por el exterior, como en los muros cortina actuales.

Los centros comerciales alemanes no se quedan atrás: el Magasin Knopf en Estrasburgo de Berninger y Krafft, terminado en 1899; los Almacenes Tietz en Berlín de Sehring y Lochmann en 1900, con dos paños continuos de vidrio de 25 × 18 metros y pilares retranqueados respecto a la piel acristalada; o a la abstracta Warenhaus Kander en Mannheim, también de 1900, cuya estructura de pórticos de acero enmarca grandes paños de vidrio. Han pasado cinco años desde el Reliance Building de Chicago y la arquitectura del vidrio ya está aquí.

La sistematización de la fachada acristalada: 1904 - 1929

La construcción evoluciona lentamente como una suma de ideas prácticas, aplicables a procesos, y de ideas tecnológicas, aplicables a productos o sistemas. Entender el desarrollo de un sistema constructivo es más complejo que el de un material. Pues bien, el frente comercial empezó a desarrollarse como un sistema constructivo unitario en Estados Unidos entre 1905 y 1913.

En 1904 Francis J. Plym, un arquitecto formado antes como ebanista, tuvo la idea de sustituir los marcos de madera que fijaban el vidrio en los frentes comerciales por perfiles de chapa metálica plegada (Stritch 1956, 8). Después de un año desarrollando prototipos y mejorando los sistemas de plegado, en julio de 1905 solicitó dos patentes en las que describía los componentes básicos de su sistema: el marco perimetral (*frame*) y el perfil vertical o montante entre vidrios (*mullion*).

En la patente del marco perimetral[4] Plym describe su invención como respuesta a cuatro requerimientos: a) proporcionar un marco resistente para el vidrio, b) permitir la unión flexible entre el vidrio y el marco para absorber tensiones, c) permitir el drenaje del agua de condensación en la cara interior, y d) facilitar la circulación de aire para reducir la condensación y la formación de escarcha. Esto lo consigue con dos perfiles metálicos plegados: el exterior actúa como soporte rígido del vidrio, y el interior actúa como junquillo elástico y recogida del agua de condensación, con taladros en su punto bajo. Los taladros permiten además la circulación del aire. La unión perfil - vidrio no necesita masilla, lo que simplifica el montaje y el mantenimiento.

En la patente del montante[5] evalúa el perfil por su combinación de rigidez y flexibilidad, tensión constante en el perímetro para reducir la entrada de agua de lluvia, y sección reducida en el plano de visión para maximizar la transparencia. El montante consta de dos perfiles metálicos plegados y una costilla rigidizadora que aporta inercia.

Francis Plym es un típico emprendedor norteamericano que encuentra rápidamente el soporte financiero y el equipo humano para poner en marcha su empresa, Kawneer Store Fronts. En 1906 solicita dos nuevas patentes de montante[6] y marco perimetral,[7] más elegantes y funcionales que las anteriores (figura 2). La comercialización del sistema Kawneer se inicia ese mismo año y se orienta simultáneamente al arquitecto y al dueño de la tienda. Explotando sus capacidades como artesano, arquitecto y empresario, en 1910 Plym ya ha creado un nicho en la industria del frente comercial e incluso tiene imitadores.

Si se comparan las patentes de Kawneer de 1906 con sistemas de la época como el de Detroit Show Case Co., la diferencia es elocuente.[8] Kawneer ofrece un sistema completo con marco perimetral, montante intermedio, montante de esquina y travesaños. Detroit Show Case solo suministra el montante de esquina y el travesaño horizontal. Los perfiles de Kawneer no usan madera ni masilla: el montaje en seco se prefabrica desde el taller. La masilla para fijar el vidrio se vuelve rígida y se agrieta con el tiempo, lo que aumenta el riesgo de entrada de agua y de rotura de lunas. Los perfiles en madera revestida no eliminan el riesgo de pudrición.

El sistema de Kawneer era similar a otros sistemas para lucernarios sin masilla, como el Anti-Pluvius

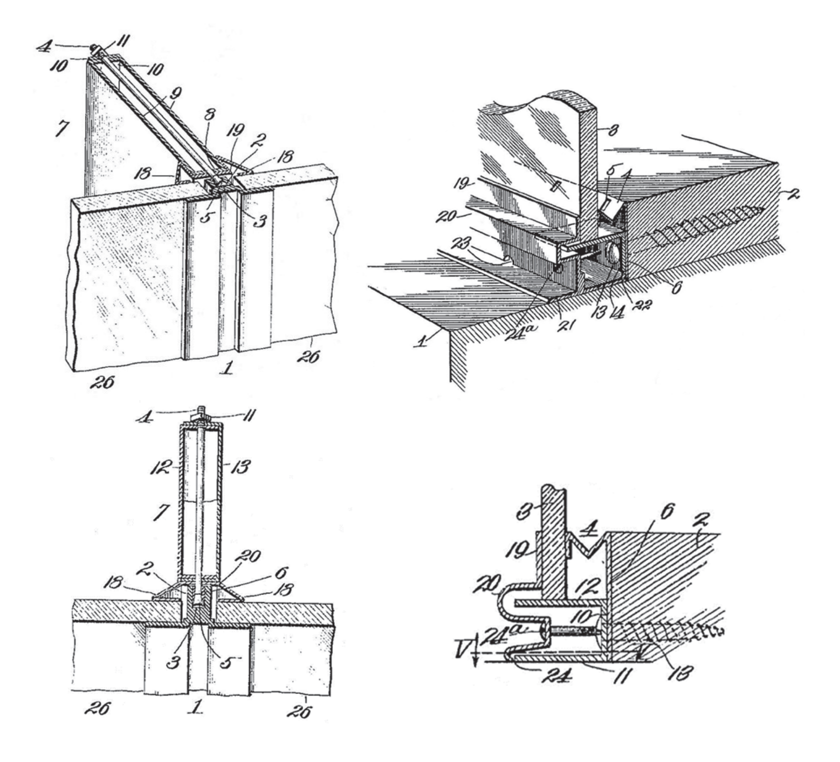


Figura 2
Patentes de Kawneer para montante (izquierda) y marco (derecha) de frente comercial. US Patents Office, patentes nº 837.640 y 852.450, 1906

Skylight de American Machinery Co,[9] y llegó 20 años después de la patente de techo acristalado de Thomas Helliwell.[10] Pero se adelantó al futuro en la comprensión de la fachada ligera como un sistema interrelacionado de prestaciones estructurales, ambientales, constructivas, de durabilidad y de imagen.

Kawneer no nace como fabricante de materiales sino como proveedor de sistemas, que idea una solución, compra materias primas, las transforma y las vende junto con asistencia técnica. Kawneer fue la primera *system company* de fachadas acristaladas. La mentalidad de Plym en 1913 es radicalmente funcionalista:

> Every feature incorporated in Kawneer is there because it is needed. There are no unnecessary parts built in to cause complication. Kawneer is simple of construction, practical in design and can be installed by any mechanic using ordinary care. … Kawneer is complete – not simply a Corner and Division Bar, but complete from sidewalk to I-beam.[11]

Entre 1906 y 1913 Francis Plym y sus competidores sientan las bases del muro cortina *stick*, la solución de fachada acristalada posterior a 1954. Para comprobarlo basta comparar los montantes en el catálogo Kawneer de 1913 con un montante o travesaño *stick* actual (figura 3). En ambos casos encontramos perfiles rectangulares de sección hueca, juntas interiores elásticas para recibir el vidrio (antes metálicas, después de goma), un sistema de ventilación y drenaje alrededor del vidrio, y pletinas exteriores atornilladas al montante para fijar el vidrio. En ambos casos el vidrio se instala y se repone por fuera. En 1913 el aluminio es laminado en frío, todavía no extruido.

Kawneer no es el único. En 1910 Standard Plate Glass presenta una unión de vidrio en esquina con presillas puntuales o tornillos en el vidrio,[12] una tec-

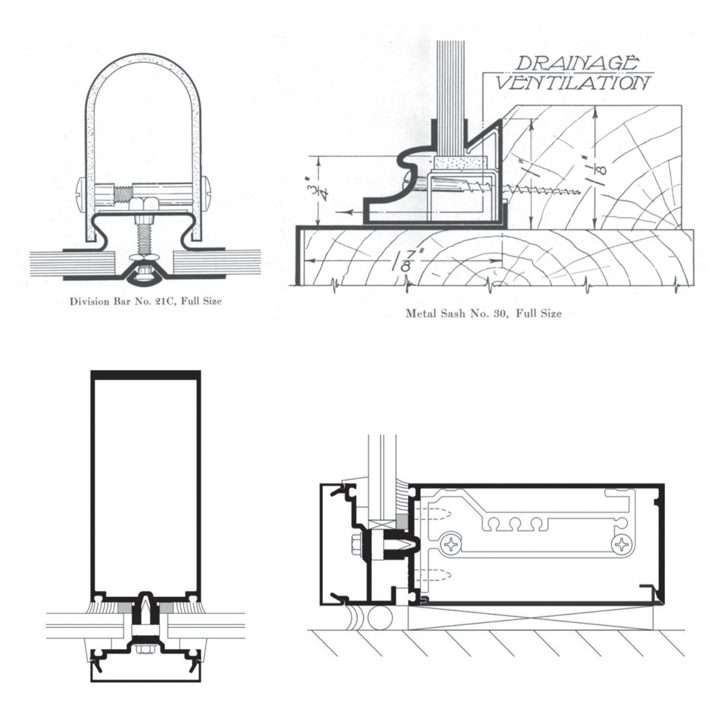


Figura 3
Montante y travesaño de Kawneer Store Fronts Catalog 1913 (arriba, Internet Archive) frente a muro cortina 1600 Wall System de Kawneer 2015 (abajo, página web Kawneer)

nología reutilizada por Pilkington para la fachada del edificio Willis Faber Dumas en 1975.

El vidrio también evoluciona estos años. El vidrio prismático refleja la luz natural hacia el interior de la tienda, con Luxfer Prism como empresa de referencia entre 1890 y 1930.[13] La luna plana pulida aumenta su tamaño y reduce su coste con las mejoras de Pittsburgh Plate Glass (PPG) hacia 1890, de Fourcault desde 1905 y después con el método Colburn, desarrollado por Libbey Owens Ford (LOF) entre 1912 y 1916.[14] PPG cambia los métodos Fourcault y Colburn en un nuevo proceso desde 1928. Estos métodos son los dominantes hasta la llegada del vidrio flotado en 1960.

Los edificios comerciales norteamericanos fueron incorporando esas innovaciones. El Little Singer Building en Nueva York, construido por Ernest Flagg en 1904, tiene dos fachadas en esquina y 12 plantas. Los grandes paños de vidrio, terracota esmaltada, balcones de hierro forjado y ornamentos de fundición transmiten una imagen de ligereza. Flagg fija los paneles de terracota como el vidrio, enmarcándolos en pletinas de hierro lacado.

El Boley Building en Kansas City, terminado en 1909 por Louis Curtiss, es casi una caja de vidrio (figura 4). La fachada recuerda a los grandes paños vidriados de los Almacenes Tietz en Berlín. El frente acristalado se cuelga de bordes de forjado en voladizo respecto a la línea de los pilares. Las cinco plantas superiores se dividen en un antepecho bajo de hierro y una luna pulida de unos 2,2 metros de altura y anchura. El fabricante de la fachada fue la fundición Love Brothers and Co. de Aurora, Illinois, que había patentado un *storefront* de hierro fundido[15] basado en principios más primitivos pero similares a los de Kawneer.

El edificio más conocido en este período es el Hallidie Building de San Francisco, proyectado por Willis J. Polk y terminado en 1918. Polk había visitado Paris hacia 1900 y vivido después en Kansas City, donde habría conocido a Louis Curtiss[16]. El Hallidie Building y su repercusión han sido bien estudiados, aunque es menos conocido que Polk solicitó una pa-



Figura 4
Boley Building, Kansas City 1909. Vista frontal. Sweet's Catalog 1010, pg. 319

tente en 1918 para «la mejora de estructuras arquitectónicas, con el fin de obtener la mayor cantidad de luz natural en el interior de las mismas».[17] Las dos plantas inferiores, de uso comercial y revestidas con grandes lunas, no se repiten en las superiores como sucedía en el Boley. El Hallidie es un híbrido entre la ventana de Chicago y las *daylight factories*; su relación con el *storefront* es más tenue.

De la Depresión a la segunda guerra mundial: 1930–1945

La arquitectura norteamericana entre 1930 y 1945 sufrió la estrechez económica de la Depresión y el esfuerzo bélico, lo que espoleó a arquitectos y suministradores a maximizar la eficiencia. Estas palabras de Carol Willis valen todos los proyectos del período: «…The principal programmatic requirement in skyscraper design is profit, and the primary function of a skyscraper is to make money ... With very few exceptions, one might well say that the axiom for skyscraper architects is «form follows finance»» .

La otra característica del período fue la llegada de un nuevo estilo importado de Europa que, tras la exposición del MoMa en 1932, se conoció como Estilo Internacional. La nueva estética planteaba tres criterios básicos: la arquitectura como volumen, la regularidad en vez de la simetría y la eliminación del ornamento (Hitchcock y Johnson 1933).

La suma de estrechez económica y funcionalismo sacudió de arriba abajo a la industria. Los proyectos de edificios en altura desaparecieron entre 1931 y 1947. En su lugar la remodelación de frentes comerciales adquirió una importancia estratégica. De ahí nació uno de los programas con más éxito del New Deal: *Modernizing Main Street*. Roosevelt firmó en 1934 un plan para, entre otras cosas, modernizar los frentes comerciales que contó con el soporte entusiasta de la industria. La campaña se extendió hasta el final de la década de los 40 (Esperdy 2008, 52-65). Los suministradores se dirigieron a arquitectos y a propietarios de tiendas y cadenas comerciales, con ideas para remodelar sus frentes comerciales y reactivar sus ventas. Entre los anunciantes destacaban los grandes como Alcoa, PPG y LOF, pero los fabricantes de sistemas no se quedaron atrás.

La industria de frentes comerciales hacia 1930 estaba formada por Kawneer, Zouri, EasySet (comprada por PPG y renombrada como Pittco), Himco, Enduro y Extrudalite. Durante los años 40 destacaron tres empresas: Kawneer que controlaba Zouri, PPG con Pittco en perfiles y Carrara en vidrio opaco, y LOF con Extrudalite en perfiles y Vitrolite en vidrio opaco. Alcoa actuaba como proveedor único de perfiles de aluminio extruido.

El programa *Modernizing Main Street* fue un éxito. La inversión en locales comerciales se multiplicó por más de dos entre 1933 y 1936. Los arquitectos se amoldaron al nuevo escenario: ya no había proyectos ni clientes pequeños; en vez de diseñarlo todo era preferible trabajar con soluciones de catálogo; y los suministradores podían ser sus socios, tanto para captar clientes como para experimentar nuevas soluciones. Este camino lo siguieron arquitectos maduros como Raymond Hood o George Howe, así como jóvenes que serían relevantes en la posguerra, como Skidmore Owings & Merrill, Bruce Goff o Morris Lapidus (Esperdy 2008, 164-174). A partir de los años 50 la joven generación de arquitectos olvidó su trabajo en este campo, pero esas enseñanzas facilitaron el salto al muro cortina en la segunda mitad del siglo.

La influencia del frente comercial en la generación del muro cortina acristalado se refleja entre 1930 y

1947 en el uso de retículas acristaladas en altura en proyectos comerciales. Raymond Hood realizó dos *showrooms* para la marca de neveras Rex Cole en Brooklyn y Long Island en 1931 (figura 5). Los dos edificios combinaban la decoración Art Decó con enormes cristaleras. Bajo la torre de la Philadelphia Savings Fund Society en Filadelfia, firmada por Howe y Lescaze en 1932, destaca la gran cristalera de la agencia bancaria. Los vidrios de la cristalera no se fijaron con la holgura suficiente, lo que produjo roturas de lunas.

George Keck construye dos prototipos de vivienda en la Century of Progress Exhibition de Chicago, *The House of Tomorrow* en 1933 y *The Crystal House* en 1934. En la primera Kech especifica un perfil de Zouri para fijar los vidrios,[19] mientras que en la segunda, de doble altura, emplea un marco de Kawneer.[20] En 1937 J. André Fouilhoux y Louis Skidmore amplían el American Radiator Building en Nueva York con un *showroom* para exposición de productos, posiblemente el primer contacto de Skidmore con el muro cortina. Una retícula acristalada forra la base del Eastern Airlines Building en el Rockefeller Center, de 1939, realizado entre otros por Wallace K. Harrison.



Figura 5
Showroom de Rex Cole, Long Island 1931. North, «A.T. Raymond Hood» McGraw-Hill, Inc., 1931

Hay que esperar a 1945 para encontrar un protomuro cortina en la Bond Bakery en Filadelfia, de Thalheimer y Weitz, un chaflán de cinco alturas con vidrio de PPG sobre marcos de Pittco.[21] También en 1945 abre la Grayson's Women's Wear en San Diego, con una retícula acristalada cóncava y vidrios curvos.[22]

En estos años se desarrolla el concepto denominado *Visual Front* u *Open Front*, por el que todo el frente de la tienda adquiere máxima transparencia y el perfil perimetral se esconde en el muro opaco. Morris Lapidus, Victor Gruen e incluso Walter Gropius preparan propuestas para PPG basadas en esta idea[23]. Mientras, los grandes fabricantes investigan en soluciones de fachada acristalada. Destacan dos patentes de PPG: un muro cortina de 1938 y una doble piel de 1939. La primera, «Wall construction»,[24] está a medias entre un frente comercial y un muro cortina stick. La segunda patente, «Multiglazed window and light screen»,[25] incluye un vidrio exterior simple, una cámara con persiana graduable para control solar y una hoja interior de vidrio doble; es decir una doble piel de vidrio con altas prestaciones.

La guerra ha terminado pero la sensación de crisis en el sector de la edificación en Estados Unidos permanece. Sin embargo la industria se está preparando para un futuro mejor.

La posguerra: 1946–1951

La sede en Saint Louis de The American Stove Company, fabricante de las cocinas Magic Chef, destaca en 1947 como el primer edificio corporativo de la posguerra. El cliente reservó la planta baja para *showroom* y Harris Armstrong diseñó un acristalamiento en doble altura como una inmensa tienda. En las cinco plantas superiores se suceden antepechos de ladrillo y ventanas corridas de gran altura,[26] Los huecos son fijos y la carpintería combina montantes y travesaños estilo muro cortina, como los de la planta baja (ver figura 6). El acristalamiento es doble con vidrios Thermopane de LOF.[27]

El Magic Chef Building tuvo una repercusión similar al Equitable Building de Pietro Belluschi en Portland (1948) y la ampliación del Federal Reserve



Figura 6
Magic Chef Building, Saint Louis 1947. Vista interior. The Harris Armstrong Archives, Washington University in Saint Louis

Bank de Minoru Yamasaki en Detroit (1951). Sin embargo los detalles de su fachada están un paso por delante. Los tres proyectos utilizan vidrio aislante, pero Belluschi fija el vidrio con un sistema bastante primitivo de perfiles en T de aluminio y Yamasaki emplea pletinas de acero revestidas con chapa inoxidable, en las que la estanquidad se confía a la masilla exterior. Armstrong usa perfiles tubulares de aluminio con pletinas exteriores similares a las retículas de frentes comerciales.

Entre 1946 y 1950 la industria del frente acristalado incorpora avances de la década anterior. Las juntas de acristalamiento en 1945 todavía eran de chapa metálica preformada cuando no de masilla. La guerra hizo avanzar la goma sintética, que se incorpora como elemento elástico entre el marco metálico y el vidrio aumentando la estanquidad de las juntas. Las primeras juntas de goma en frentes comerciales aparecen en el catálogo de Himco de 1946.[28]

Durante estos años entran en escena los instaladores integrados de sistemas de aluminio y vidrio en fachada, que concentran la responsabilidad de la fachada en una sola firma. Entre ellos destaca la firma neoyorquina General Bronze Corporation. Creada por fusión de varias metalisterías en 1928, General Bronze ocupará un lugar central en el desarrollo de muros cortina a partir de 1947.

El proyecto más grande en este período fue el Secretariat Building de las Naciones Unidas (1951), diseñado por un consorcio de arquitectos dirigido por Wallace K. Harrison. La fachada del Secretariat no es un muro cortina, sino un conjunto de ventanas de guillotina de aluminio fijadas sobre una retícula de acero con un antepecho forrado exteriormente con vidrio armado.[29] El vidrio es monolítico y tiene una tonalidad azul verdosa para aumentar su reflexión. Nada más entregarse el edificio se detectaron filtraciones de agua por las juntas de las hojas, pues las 5.400 ventanas no estaban diseñadas para presiones de viento tan elevadas.[30]

Otras fachadas acristaladas en este período son las oficinas de 100 Park Avenue (1949) de Kahn & Jacobs, los primeros edificios de General Motors en Warren (1951) de Eero Saarinen, y las oficinas de 260 Madison Avenue de Sylvan Bien (1951).

A finales de 1951 la atención del sector está puesta en un edificio en construcción en Park Avenue; la sede de Lever Brothers. Los arquitectos son Skidmore, Owings & Merrill y el instalador de la fachada es General Bronze. Algunas lecciones del período que termina se están aplicando aquí, pero todavía quedan otras por aprender.

La consagración de la fachada acristalada: 1952–1956

La primera mención a la Lever House en una columna de *The New Yorker* (mayo de 1951) se refirió a la góndola de limpieza de la fachada. Lever Brothers comercializaba en Estados Unidos detergentes y jabones como Rinso, Surf o Swan; mantener su fachada reluciente era parte de su objetivo de marketing: «We are in the soup business, and we wanted our building to be a symbol of everlasting cleanliness».[31] La crítica de Lewis Mumford abunda en la idea de la fachada como showroom. «This whole structure is chastely free of advertisement». Cierto, no había un gran cartel en cubierta ni tiendas en planta baja. «But the building itself is a showcase and an advertisement … it has become one of the most valuable pieces of advertising a big commercial enterprise could conceive».[32]

El diseño de la fachada fue consensuado entre Charles Luckman, presidente de Lever Bros y arquitecto, Nat Owens y Gordon Bunshaft de SOM[33]. Los detalles del muro cortina fueron desarrollados con la probable participación de técnicos de General Bronze. El vidrio de visión era Solex Heat-Absorbing, un vidrio tintado en verde fabricado por PPG, monolíti-

co y sin tratamiento térmico. Los montantes de acero laminado en doble C y los travesaños en pletina o en T se revistieron con chapas plegadas de acero inoxidable. La unión vidrio / perfil se resolvió con masilla y no se previó el drenaje de agua, lo que generó filtraciones por las juntas tras la fisuración de la masilla en un ambiente tan expuesto.

El muro cortina de la Lever House en sus detalles no es un resultado del frente comercial acristalado, sino una evolución de las soluciones de General Bronze ensayadas antes en otros proyectos neoyorquinos (figura 7). En cambio, el tratamiento de los grandes vidrios de planta baja y la modulación del zócalo de dos plantas deben mucho a la arquitectura del *storefront*.

La oficina bancaria del Manufacturers Hanover Trust en la Quinta Avenida (SOM 1954), supone la aplicación definitiva del concepto de frente comercial a un edificio completo. Hap Flanigan, presidente de Manufacturers Hanover, lo tenía claro: «Banking today is a selling service. … Our show windows will be the biggest in town».[34] Las lunas mayores tienen

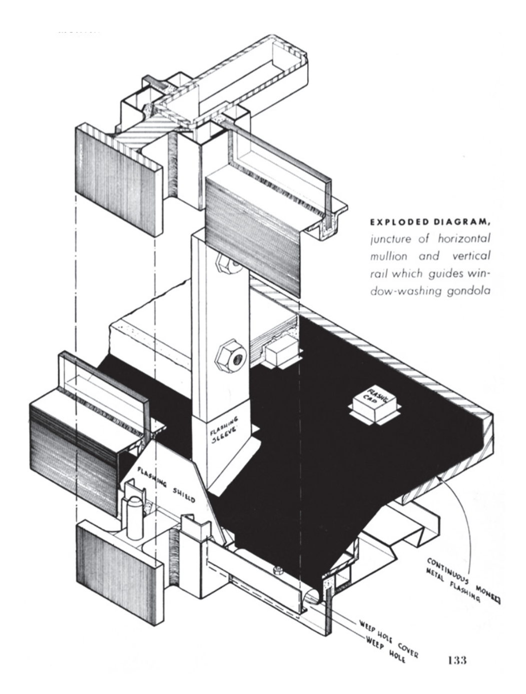


Figura 7
Lever House, Nueva York 1952. Detalle del muro cortina. (The Architectural Record, June 1932)

3,05 x 6,70 metros, con un espesor de 1/2 pulgada y sin color ni capa. Los montantes son perfiles de acero forrados con chapas de aluminio anodizado pulido. El sistema sigue siendo básico en sus detalles; el instalador fue también General Bronze.

Pero no todo eran edificios singulares. La industria de sistemas necesitaba responder a la demanda de fachadas para proyectos convencionales. A principios de 1952 un anuncio de Kawneer muestra sus tres líneas de producto: *storefronts*, *window walls* y puertas de entrada, todo en aluminio[35]. La imagen de referencia es un edificio sencillo de cuatro plantas. El mensaje a los arquitectos es claro: para sus fachadas acristaladas no deben complicarse diseñando los detalles; Kawneer tiene el producto adecuado en stock.

Ante un mercado en permanente expansión, los suministradores de frentes comerciales líderes en los años 30 y 40 reaccionan de manera diferente. PPG y LOF abandonarán su política de integración vertical a través de las marcas Pittco o Extrudalite; ya no las necesitan. Kawneer crea una división en 1955 llamada Kawneer Metal Walls[36]. Uno de sus primeros muros cortina lo firma con Victor Gruen, uno de los arquitectos que hacían frentes de tiendas en los 40. Pronto su oficina técnica se inunda de consultas sobre muros cortina; está claro que las fachadas son el nuevo mercado[37].

Conclusiones

En los 45 años transcurridos entre el Boley Building y el Manufacturers Hanover se produjo una profunda evolución del lenguaje arquitectónico y de la tecnología de fachadas. Sin embargo, durante ese período la fachada acristalada fue usada siempre como medio para transmitir un mensaje. La moda puede favorecer un día las «daylight stores» y otro la «windowless box», pero la fachada se corresponde con la idea de modernidad del momento. Su método de construcción, aunque más lentamente, también lo hace.

El muro cortina acristalado, con su montaje rápido, ligereza y facilidad de sustitución cuando pasa de moda, no puede ser más moderno, por transitorio. El conocimiento técnico sobre su diseño y prestaciones, salvo alguna información aislada, también es transitorio. Desconocemos qué movió a los técnicos y diseñadores de Kawneer o de General Bronze a hacer lo que hicieron, pues dejaron muy pocos textos técnicos para explicarlo.

Ahora bien, si los especialistas de General Bronze y otros después como Cupples o Permasteelisa han sido clave para hacer piezas singulares (los «firsts» a los que se refería Reyner Banham en 1969), fueron otros los técnicos que generaron el muro cortina hoy dominante en el mercado. Con la ayuda de un catálogo, una oficina técnica, un almacén y un equipo de ventas. Esos, los «mosts», fueron y son los especialistas de Kawneer, Schüco, Technal o YKK. El muro cortina es hoy lo que es gracias a ellos. Han sido tan «mainstream» que ni siquiera nos consta su papel en la evolución del tipo.

Notas

1. En la investigación del autor, la primera referencia a un muro cortina acristalado como *curtain wall* aparece en diciembre de 1947 en *The Architectural Record*, sobre la fachada de Saarinen para el Drake University Campus en Des Moines, Iowa
2. I. and J. Taylor, *Designs for Shop Fronts and Door Cases*, Londres 1835
3. Daniel D. Badger publicó en 1865 el catálogo «Iron Architecture», donde aparecen soluciones de *storefronts* de varias plantas
4. US Patent No 846.343, «Store Front Construction», 8 julio 1905
5. US Patent No 820.438, «Store Front Construction», 8 julio 1905
6. US Patent No 837.640, «Store Front Construction», 10 febrero 1906
7. US Patent No 852.450, «Store Front Construction», 22 agosto 1906
8. *Sweet's Architectural Trade Catalog*, New York: Clearwater Publishing Company, 1906. pg. 387
9. *Sweet's Architectural Trade Catalog*, New York: Clearwater Publishing Company, 1906, pg. 205
10. US Patent No 355.079, «Glazed Roof», 23 junio 1886
11. *Kawneer Store Fronts Catalog*. Niles, Michigan: Kawneer Co., 1913, pg. 5
12. *Sweet's Architectural Trade Catalog*, New York: Clearwater Publishing Company, 1910, pg. 655
13. Neumann, Dietrich. «The Century's Triumph in Lighting: The Luxfer Prism Companies and Their Contribution to Early Modern Architecture», *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 54, No. 1 Marzo 1995, pgs. 24-53
14. Fowle, Arthur. *Flat Glass*. Toledo, Ohio: The Libbey Owens Sheet Glass Co., 1924
15. *Sweet's Architectural Trade Catalog*, New York: Clearwater Publishing Company, 1910, pgs. 318-319
16. Hannah, Sheila. «Inventory – Nomination Form. The Boley Building» *National Register of Historic Places*. Jefferson City, Missouri: US Department of the Interior, 1970, pg. 8
17. US Patent No 1.334.634 «Architectural Stucture», 6 junio 1918
18. Willis, Carol. «The 'Modern' Skyscraper, 1931» *William Lescaze and the Rise of Modern Design in America*. Número especial de The Courier, 19.1 1984, pgs. 29-41
19. *The Architectural Record*, enero 1934, pg. 29
20. *Kawneer Store Fronts*. Niles, Michigan: The Kawneer Company, 1934, pg. 29
21. *How Eye-appeal Inside and Out increases retail sales*. PPG Company, 1945, pg. 8
22. Íbid, pg. 7
23. Íbid, pgs. 21, 22, 23
24. US Patent No 2.230.348, «Wall Construction», 17 junio 1938
25. US Patent No 2.239.528, «Multiglazed window and light screen», 26 enero 1939
26. El código de construcción de Saint Louis no permitió muros cortina en altura hasta 1961
27. *The Architectural Record*, noviembre 1948, pg. 175
28. *Himco store front construction*. Hamden Conn: The Himmell Brothers Co. 1946, pgs. B1 y B4
29. *Architectural Forum*, noviembre 1950
30. *Architectural Forum*, enero 1952
31. *The New Yorker*, 26 abril 1952, pg. 27
32. *The New Yorker*, 9 agosto 1952, pgs. 48-54
33. De Miguel, Sergio. «La Lever House, New York». *El lugar (II)*, Madrid: ETSAM, Cátedra Tres de Proyectos Arquitectónicos 2012, pgs. 99-107
34. *Architectural Forum*, diciembre 1954, pg.104
35. *Architectural Forum*, febrero 1952, pg. 77
36. *The Architectural Record*, abril 1955
37. Kawneer, absorbida por Alcoa en 1999, sigue suministrando muros cortina, ventanas y frentes comerciales

Lista de referencias

Banham, Reyner. 1984. *The Architecture of the Well-tempered Environment*. Chicago: The University of Chicago Press. (Edición original 1969).

Birkmire, William. 1984. *Skeleton Construction in Buildings*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Davison, Robert L. 1950. «The lightweight curtain wall - the long overdue counterpart of the structural steel frames» *Architectural Forum* 92: 81-96.

Esperdy, Gabrielle. 2008. *Modernizing Main Street. Architecture and Consumer Culture in the New Deal*. Chicago: The University of Chicago Press.

Friedman, Donald. 1995. *Historic Building Construction. Design, Materials, and Technology*. Nueva York: W.W. Norton and Company.
Giedion, Sigfried. 2009. *Espacio, tiempo y arquitectura. El futuro de una nueva tradición*. Barcelona: Editorial Reverté. (Edición española de *Space, Time and Architecture. The growth of a new tradition*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1941. Traducción y edición de Jorge Sainz).
Hitchcock, Henry-Russell y Philip Johnson. 1969 (1932). *The International Style. Architecture since 1922*. Nueva York: W.W. Norton.
Murray, Scott. 2009. *Contemporary Curtain Wall Architecture*. Nueva York: Princeton Architectural Press.
Stritch, Thomas. 1956. *The Kawneer Story*. Niles, Michigan: Kawneer Co.
Yeomans, David. 1998. «The pre-history of the curtain Wall». *Construction History* 14: 59-82.
2001. «The Origins of the Modern Curtain Wall». *APT Bulletin* 32: 13-18.

La construcción de la arquitectura de Ralph Erskine

Jaime J. Ferrer Forés

Este artículo, que analiza los avances constructivos y el contenido bioclimático de la arquitectura de Ralph Erskine (1914-2005), pionero también en la participación de los usuarios, presenta una investigación sobre la exploración de los medios constructivos y la aplicación de los nuevos sistemas constructivos en el campo de la prefabricación, en una trayectoria marcada por los conceptos de sostenibilidad y adecuación climática y respecto por el paisaje.

Atraído por la tradición nórdica y el funcionalismo sueco, se trasladó a Suecia tras titularse en la Escuela Politécnica de Regent Street en Londres donde completó su formación y construyó en 1942 una cabaña de madera en Lissma, a las afueras de Estocolmo como residencia y estudio profesional que anticipa su espíritu de investigación y de innovación. Desde la pequeña escala de la cabaña hasta sus propuestas a gran escala, en Suecia encontró «la herencia de una larga tradición basada en el empleo práctico de materiales sencillos» (Erskine 2008), sobre la que desarrolló una arquitectura que combina el lenguaje moderno con los principios de la construcción tradicional incorporando las innovaciones técnicas y poniendo de relieve su potencial, así como su capacidad de anticipar tanto la participación de los usuarios como la construcción bioclimática del futuro (Norri 1995).

Las marcadas exigencias climáticas en Suecia marcaron la arquitectura de Erskine cuyo lenguaje formal se adapta tanto a la participación de los usuarios y la dimensión social como a las características de protección frente al clima, entre los que destacan las terrazas suspendidas que evitan los puentes térmicos, cubiertas que tratan de retener la nieve para aprovechar su capacidad aislante o las ingeniosas soluciones de los cerramientos que completan un decálogo de soluciones climáticas que van desde la escala urbana y la compacidad de las formas edificatorias a las ingeniosas soluciones constructivas que retoman soluciones tradicionales y abrirán nuevas posibilidades constructivas ilustrando las interacciones entre el sistema industrial y el artesanal, propio de la cultura constructiva.

Laboratorio experimental doméstico

La pequeña cabaña de madera, donde residió durante los cuatro primeros años en las afueras de Estocolmo, constituye un manifiesto de la arquitectura de Erskine. Fue construida por el propio arquitecto en una parcela cedida por un conocido suyo propietario de una granja cercana y se concibe desde las premisas de la autoconstrucción y el autoabastecimiento con las que pretendían, no sólo hacer frente a las dificultades económicas, sino también manifestar su compromiso con un modo de vida basado en la simplicidad de la vida rural. Construida con la ayuda de su esposa, con piedras del lugar, madera de los bosques, ladrillos de un antiguo horno y diversos materiales reciclados de otras edificaciones, la casa conocida como *the Box* en Lissma se construyó con gran

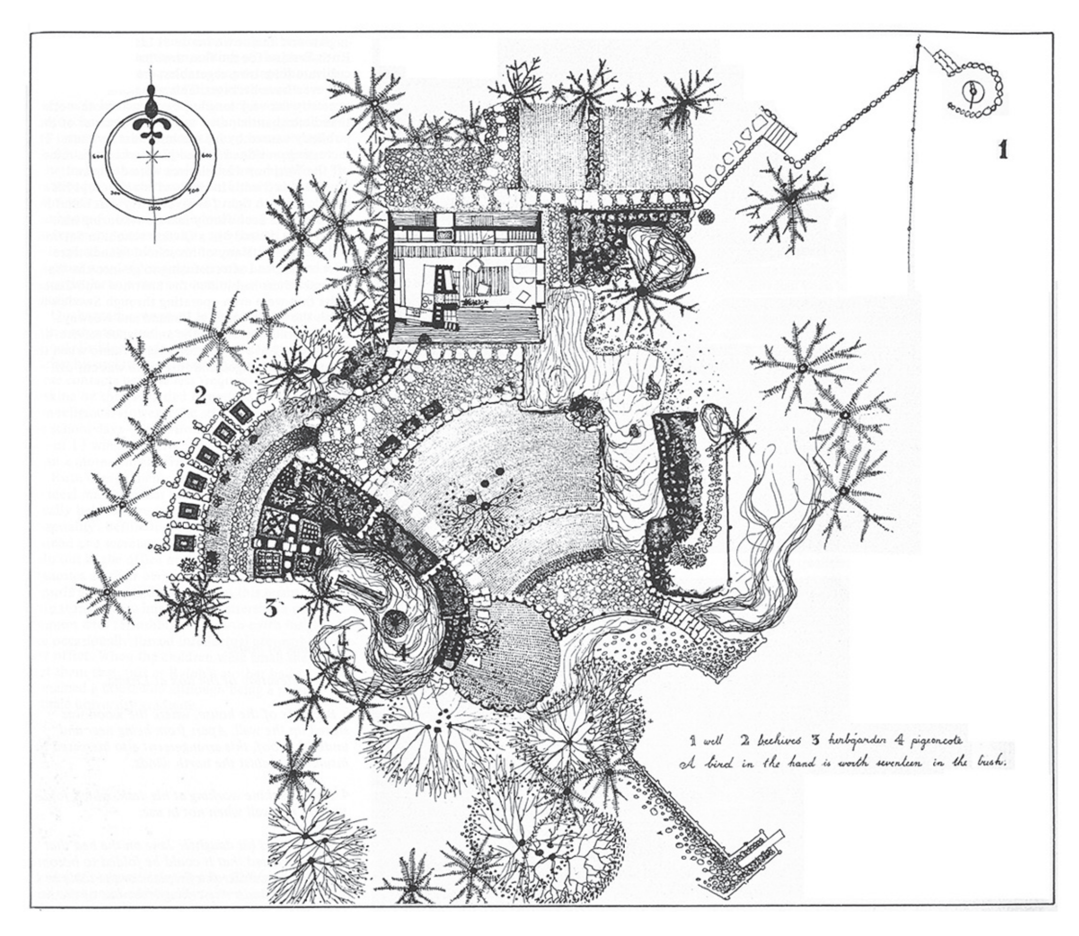


Figura 1
Ralph Erskine. Casa The Box en Lissma, 1942 (Egelius 1977)

economía de medios. La vivienda experimental también contaba con un jardín, un pequeño huerto y un pozo además de colmenas de abejas y un palomar, no construido, que aseguraban el autoabastecimiento de la familia (figura 1).

Sobre un basamento de piedra, armado con muelles metálicos de unos colchones abandonados, se levantó una ligera estructura de madera tipo *balloon frame*, de 6 por 3,6 metros, cuyas vigas acarteladas de madera dotan a la cabaña de un cierto aire de modernidad, además de separarla de la humedad del terreno para protegerla de un clima extremo en invierno. La fachada norte se cierra herméticamente y se retranquea para organizar una franja protegida para el almacenamiento y secado de la leña aumentando la inercia térmica y mejorando el aislamiento complementándolo en la parte interior con un armario. Mientras, hacia el sur la cabaña se abre a través de un amplio vano acristalado que comunica el cuarto de estar con el porche recurriendo al doble y triple acristalamiento, cerrándolas incluso con material aislante por la parte exterior para responder a las extremas temperaturas nocturnas. El marco de color blanco que encuadra las caras norte y sur contrasta con las fachadas de listones de madera superpuestos, de las fachadas laterales cuyo aislamiento se realizó con paneles porosos de *treetex*, cartones y virutas de madera (Lapuerta 2008).

En apenas 20 metros cuadrados, la vivienda mínima se organiza en dos ámbitos divididos por la chimenea central: la cocina y la sala de estar que se utiliza también como estudio del arquitecto a través de unos ingeniosos mecanismos que permiten mediante un mobiliario versátil adaptar el reducido espacio a las distintas funciones. La cama se transforma en un sofá y se eleva como la cuna mediante un sistema de poleas y cables de acero así como la mesa abatible de dibujo del arquitecto.

Erskine junto a su esposa Ruth y su hija residieron en la cabaña de Lissma desde 1942 hasta 1945 cuando se trasladaron a vivir a Drottningholm donde Ralph estableció su estudio con el danés Aage Rosenvold, después de completar su formación en la Escuela de Arquitectura de Estocolmo.

El empeño tenaz en la innovación y la experimentación que ensaya en la cabaña de Lissma se desarrolla en la casa para Sven Båge (1947) y en la casa Nilsson en Storvik (1947-1948) donde continua explorando las posibilidades constructivas conjugando la maestría sabia y lenta de la construcción en madera que articula y ensambla con rigor vernáculo en el Centro de ocio y esquí en Lida (1942-1943). La protección climática de un muro de mampostería que se extiende para definir un patio y proteger la casa a norte contrasta con la delicada estructura de madera de la casa para Sven Båge que se abre al sur y al paisaje.

En la casa Nilsson, Erskine plantea los precursores principios bioclimáticos que anticipa en la cabaña en Lissma: planta compacta, porche perimetral con el enmarcado blanco, la estructura de vigas de madera laminada que eleva y protege la casa sobre el suelo o el revestimiento de las fachadas de listones de madera superpuestas que alternan la disposición vertical y horizontal, las ventanas que encuadran y sobresalen del plano del cerramiento y la chimenea como un elemento autónomo. El programa doméstico se organiza en torno a un jardín de invierno caracterizado por un gran lucernario que ilumina el centro de la casa en la que destaca la autonomía de la estructura de vigas y postes de madera en relación a la compartimentación de la casa (figura 2).

En lugar a recurrir a la doble vertiente de la cubierta tradicional que facilita la caída de la nieve, Erskine proyecta un cubierta de doble vertiente invertida para aprovechar la nieve como aislamiento recogiendo las aguas en el centro. Así prescinde del canalón perimetral de recogida de agua y evita la formación de carámbanos en los aleros (Egelius 1977).



Figura 2
Ralph Erskine. Casa Nilsson en Storvik, 1947-1948 (Egelius 1977)

La constante caracterización de la casa a través de la cubierta se desarrollará también en la casa Molin en Lidingö (1947) donde la doble vertiente asimétrica de la cubierta se extiende hasta el suelo propiciando el crecimiento de la vegetación sobre el muro sur y favoreciendo con el tiempo que la vegetación envuelva el volumen construido para conseguir la integración de la casa con la naturaleza.

Construcción, clima y paisaje

En el Hotel en Borgafjäll en Laponia (1948-1950), Erskine enfatiza la divergencia entre las formas rigurosamente rectilíneas y las formas de geometría más libre que se amplían de una forma más enérgica hacia el entorno para sugerir una relación con él construyendo con el terreno y la nieve «a gigantic ground sculpture» para proteger el edificio (figura 3). La arquitectura de Erskine expresiva y rica en su lenguaje formal se caracteriza por el énfasis en el tratamiento de las cubiertas. En el Hotel en Borgafjäll construye una silueta del edificio quebrada y resonante con la geografía del sitio (Ole Lund 2008). Prolongando uno de los faldones de la cubierta del hotel hasta su encuentro con el terreno, Erskine convierte la cubierta en una pista de aprendizaje para los clientes del hotel. Asimismo, la expresividad de las cubiertas, las superficies de los faldones y los escalonamientos, además de las inflexiones y articulaciones de las alas que componen el Hotel, repercute y determina

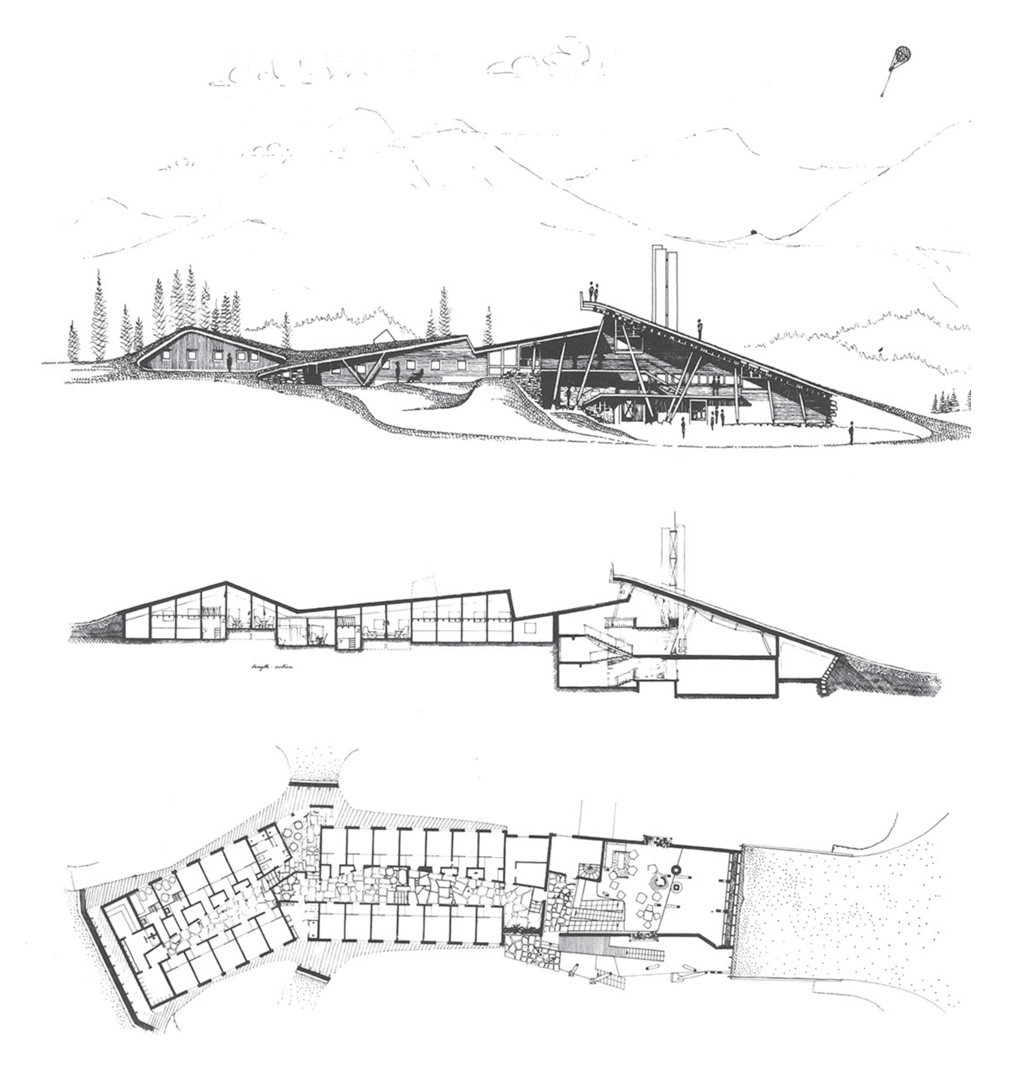


Figura 3
Ralph Erskine. Hotel en Borgafjäll, Laponia, 1948-1950 (Egelius 1990)

la espacialidad interior de las áreas comunes y de las habitaciones a tres niveles.

Construido con materiales locales disponibles y técnicas tradicionales debido a su remota situación, el interior queda caracterizado por la estructura de vigas y postes de madera articulados con elementos metálicos, el uso intensivo del color y los revestimientos de madera que compendia el interés del arquitecto centrado en las cualidades constructivas y su naturaleza expresiva muy vinculado a la difusión del uso de la madera del finlandés Alvar Aalto, que desde el diseño de mobiliario hasta la estructura y el acabado de edificios, contribuyó a la difusión de una tradición muy arraigada en el entorno escandinavo. Para Erskine, la creatividad se basa en la constante experimentación, tratando de encontrar nuevas posi-

bilidades a los materiales tradicionales, distanciándose así, en esta obra realizada con 34 años, del funcionalismo nórdico que con fervor vanguardista y optimismo tecnológico se presentó en La Exposición de Estocolmo en 1930. El retraimiento y la escasez de materiales importados junto con el interés en los edificios tradicionales y los materiales locales forjaron el Regionalismo escandinavo (Ole Lund 2008).

La construcción va más allá de los requisitos de estabilidad estructural y las exigencias del rigor climático, y muestran una sensibilidad exquisita hacia los materiales y su articulación, como se reflejan los componentes y sus encuentros, modelados para conseguir la sensación táctil y la resonancia con la cultura constructiva nórdica. Su apego por la construcción y su afán de hacer de cada proyecto un ejercicio genuino de inventiva y de riesgo caracterizará su trayectoria profesional donde conjuga la capacidad constructiva y artesanal de la tradición constructiva con los nuevos materiales disponibles como se ilustra en la cabaña para scouts en Lovö (1953) construida con una prominente cubierta metálica, abierta con un lucernario, alrededor de un hogar construido con materiales y técnicas tradicionales.

Contraponiendo las técnicas modernas con las técnicas tradicionales, Erskine recurre también, en la casa Tesdorp en Skövde (1954), al valor de contraste plástico y cromático que ofrece la textura del estriado vertical del enlistonado de madera de apariencia tan abstracta, con el que reviste el cuerpo superior que aloja los dormitorios, confrontándola a los acabados modernos de los muros construidos con bloques prefabricados de hormigón que definen las áreas de estancia de la planta baja (figura 4). El cerramiento, compuesto por tablas de madera en vertical, alude tanto a las casas tradicionales del entorno como a los revestimientos de madera, que alejándose de la ortodoxia del funcionalismo, Alvar Aalto introduce en la casa del arquitecto en Munkkiniemi de 1936. Esa fusión armoniosa de tecnología, naturaleza y tradición confiere a los edificios una apariencia más anclada al lugar y a la tradición.

Sin embargo, Erskine construye en la casa Engström en Lisön (1955-1956) un singular caparazón curvo y brillante en el archipiélago de Estocolmo retomando sus iniciales preocupaciones de adecuación climática, tratando de resolver cuestiones objetivamente mensurables como lograr encerrar el máximo volumen con el mínimo de material (figura 5). Aprovechando el conocimiento del cliente, un ingeniero civil propietario de un taller siderúrgico y la colaboración con un especialista de la construcción aero-

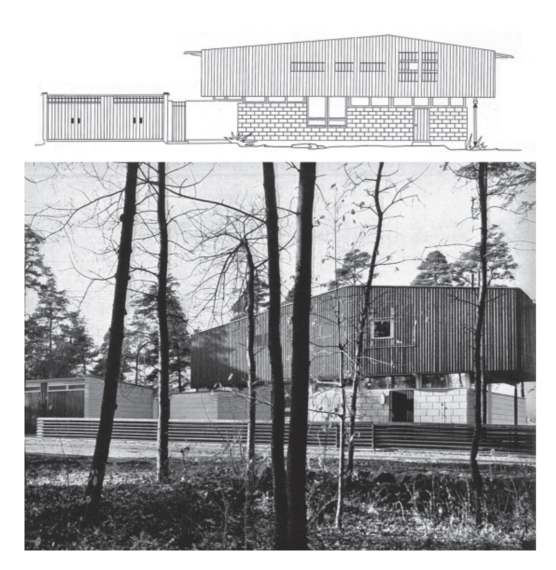


Figura 4
Ralph Erskine. Casa Tesdorp en Skövde, 1954 (Erskine 1962)

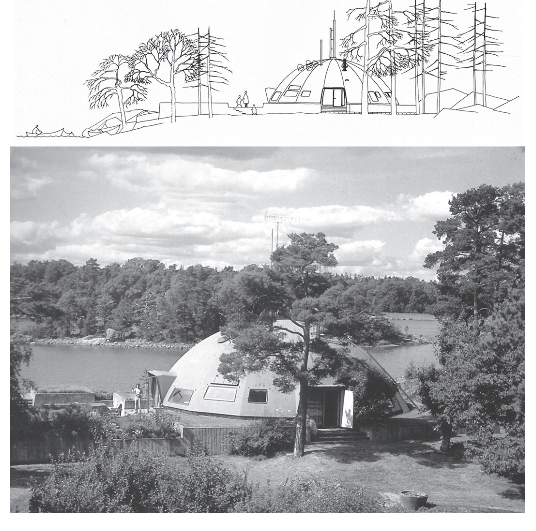


Figura 5
Ralph Erskine. Casa Engström en Lisön, 1955-1956 (Egelius 1990)

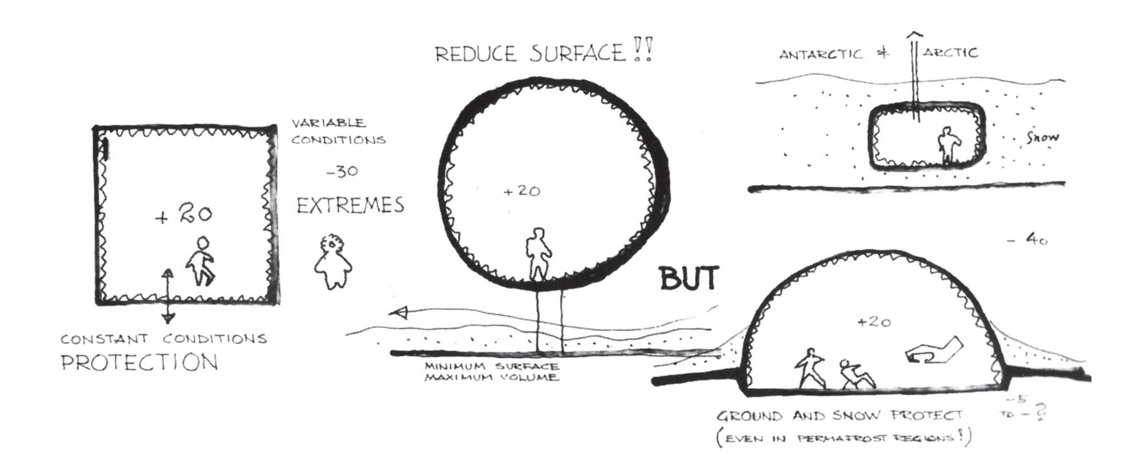


Figura 6
Ralph Erskine. Estudios bioclimáticos de la casa Engström en Lisön, 1955-1956 (Erskine 1963)

náutica, construyeron, en un reducido plazo de cinco semanas, una cúpula de 16 metros de diámetro y una altura de 5,5 metros con 16 láminas de acero de 3 mm en forma de triángulos esféricos apoyados en una estructura metálica de perfiles en T de 52x52 cm, erigidas en torno al eje central de la chimenea donde la grúa permitía el izado de los segmentos.

El espacio doméstico se organiza en torno al núcleo del hogar y a un espacio a doble altura que comunica con el estudio y el resto de las habitaciones que se sitúan en la primera planta y que se abren al exterior mediante ventanas de reducidas dimensiones y lucernarios.

La casa Engström ilustra la investigación sobre el tipo de edificio adecuado al clima nórdico que realiza y a lude al prototipo de vivienda planteado por Buckmister Fuller en la casa Wichita (1946). Para Erskine, «una esfera es obviamente la forma geométrica que encierra el máximo volumen con el mínima superficie, pero no tendría sentido utilizarla como forma edificada ya que tiene un mínimo contacto con la inercia térmica del terreno. La temperatura del aire varía mucho del verano al invierno pero la temperatura del terreno es constante» (Erskine 1963). La casa Engström es un ensayo basado en el análisis científico. Como resultado es un casa poco habitual, media esfera semihundida en el terreno para la protección, con una terraza protegida exterior que denomina la habitación de primavera y otoño que aprovecha el sol pero queda resguardada de los vientos, un interior donde se desarrolla la vida en invierno, mientras que en verano la vida se desarrolla en el exterior en contacto con la naturaleza (figura 6). Este ciclo de vida se ilustra en los dibujos analíticos que realiza y fundamenta el contenido bioclimático de sus propuestas.

Prefabricación y clima

La casa Engström fue concebida también como un prototipo para la construcción prefabricada y las precursoras ideas de Erskine sobre la industrialización de la construcción en Suecia se concretaron en el conjunto de viviendas en Lassaskog, Växjö (1954) cuya construcción con paneles prefabricados de hormigón se realizó desde las tres grúas que se desplazaban sobre raíles, determinando el emplazamiento de las seis torres de viviendas en el sitio. Los paneles de las fachadas, caracterizados por una marcada textura vertical, las escaleras y las losas de los forjados fueron prefabricados e izados con ayuda de las grúas y los balcones quedan suspendidos por tirantes de unas vigas en la cubierta con el objeto de evitar el puente térmico (figura 7). Este recurso, para minimizar el contacto entre del balcón y el edificio y en

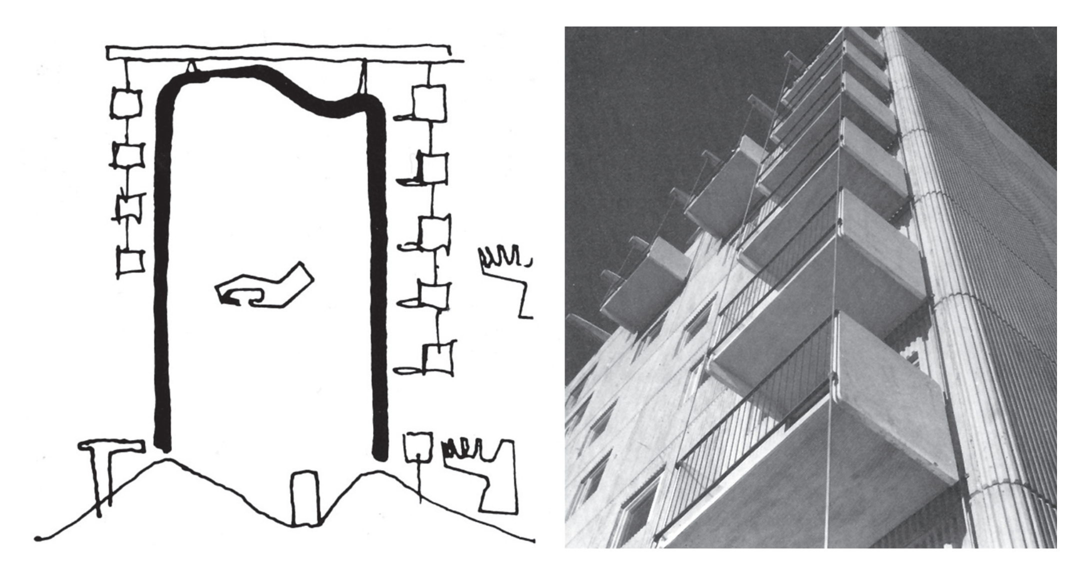


Figura 7
Ralph Erskine. Detalle del balcón suspendido en el conjunto de viviendas en Lassaskog, Växjö, 1954 (Collymore 1983)

consecuencia el puente térmico, será una constante en los proyectos de Erskine.

Para evitar los puentes térmicos en los balcones, Erskine recurre a esta estructura que desde la cubierta suspende los balcones mediante cables de acero garantizando la mínima conexión entre el balcón y el edificio en el conjunto de viviendas en Vallmon, Tibro (1955-1956), en Barberaren, Sandviken (1962-1972) y en Släggsmeden, Sanviken (1973) y cuyo hallazgo plástico desarrollará en los balcones de la casa Ström en Stocksun (1961) y en los balcones de la Biblioteca de la Universidad de Estocolmo en Frescati (1974-1982).

Un edificio muy articulado es mucho menos apropiado al clima nórdico que uno compacto. Así la casa Ström en Stocksund (1961) es un volumen compacto, con balcones independientes de la estructura de la casa, que organiza el programa doméstico en torno a un jardín interior iluminado cenitalmente a través de dos grandes reflectores solares (figura 8). Aquí Erskine introduce el reflector solar que canaliza la entrada de luz natural en el interior del edificio por primera vez y lo irá desarrollando en los proyectos posteriores como en las oficinas para el Ayuntamiento de Tibro (1969), en Resolute Bay (1973-1977) y en el centro de estudiantes de la Universidad de Frescati en Estocolmo (1989) o en la cantina del hospital St. Göran (1983).

Si la pequeña cabaña en Lissma conjugaba la artesanía y el apego material a la articulación y a los ensambles, la casa y el estudio del arquitecto en Drottningholm (1963) retoma, con nuevas posibilidades tecnológicas y con gran sensibilidad al contexto, la predilección por la articulación de los componentes

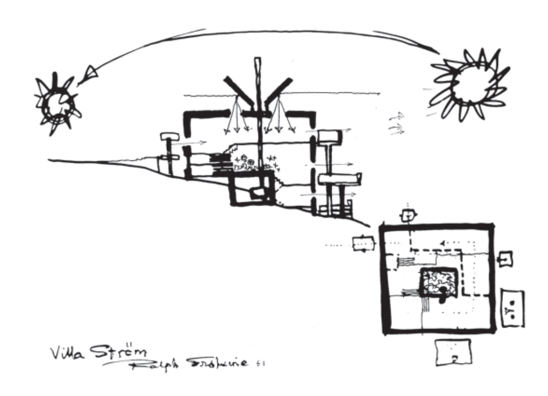


Figura 8
Ralph Erskine. Croquis de la sección de la casa Ström en Stocksund, 1961 (Egelius 1990)

apostando por la pesantez y la opacidad, como antítesis de la transparencia y ligereza, en un conjunto organizado, como las construcciones tradicionales del lugar, en torno a un patio que contribuye a la protección climática. (Erskine 1968)

Los planos de emplazamiento de sus proyectos revelan el respeto reverencial por la naturaleza. En la casa del arquitecto en Drottningholm, la vegetación y otros elementos naturales fueron también cuidadosamente organizados para componer una secuencia de ámbitos en el exterior mientras en el interior recurre a un espacio a doble altura segregado espacialmente mediante desniveles y organizado en torno a su ámbito de trabajo y el núcleo del hogar.

La casa fue construida con elementos prefabricados de hormigón aligerado «Siporex» en los muros, forjados y en las bóvedas atirantadas de la cubierta (figura 9). Los paneles del cerramiento se caracterizan por el irregular estriado que dota a las superficies de una gran plasticidad y fuerza expresiva, alternando los huecos y las carpinterías de madera con los balcones y escaleras independientes para reducir los puentes térmicos (Erskine 1968).

La doble cubierta hace visible su lógica constructiva y bajo los aleros, se produce la exposición de los componentes. La cubierta de chapa de acero galvanizado se separa de la bóveda de «Siporex», favorece que la nieve actúe como aislamiento facilitando la ventilación y evita que la cubierta se vea afectada por el calor del interior de la casa y la nieve se derrita propiciando la formación de carámbanos en los aleros y las filtraciones en los canalones así como la obstrucción de los bajantes (figura 10).

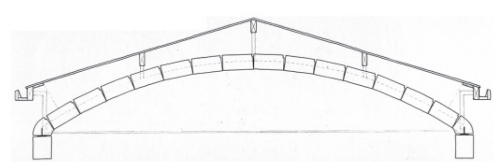




Figura 9
Ralph Erskine. Casa del arquitecto en Drottningholm, 1963 (Egelius 1990)

En el proyecto para un conjunto de viviendas de vacaciones en Härjedalen (1975-1977) Erskine retoma la doble cubierta y dibuja en la sección de las viviendas de reducidas dimensiones la nieve acumulada sobre el faldón exterior de la cubierta que actúa de aislamiento y lo plantea a mayor escala en el proyecto para el Hotel en Jochberg, Austria (1979).

Los esbeltos conductos metálicos de las chimeneas en la casa del arquitecto en Drottningholm constituyen un elemento característico de su predilección por mostrar la capacidad expresiva de las instalaciones con las que enfatiza, de forma recurrente en diversos proyectos, el carácter de las instalaciones, los bajantes como elementos escultóricos y las chimeneas.

Conciencia medioambiental

Ampliando el enfoque para relacionarse cuidadosamente con el contexto y la cultura y más armoniosamente con la naturaleza Erskine tomó conciencia de la especificidad de construir en climas fríos y proyectó en 1958 una ecológica ciudad en el ártico. En

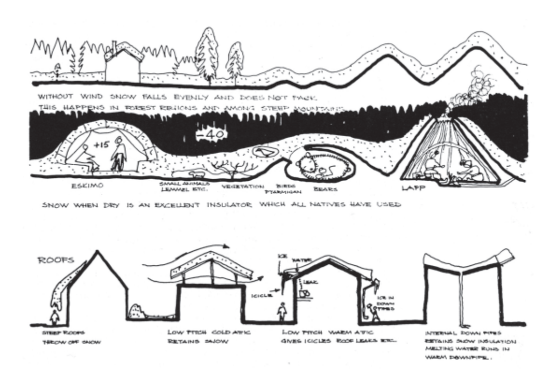


Figura 10
Ralph Erskine. Estudios que ilustran el aislamiento de la nieve y las cubiertas (Collymore 1983)

su participación en los CIAM en Ottterlo en 1959, Erskine presentó una investigación de la arquitectura en el clima ártico, analizando las viviendas de los lapones y de los esquimales, estudiando cómo ante estas rigurosas y adversas condiciones climáticas se organizan y cómo son sus relaciones sociales y las construcciones, los iglús de los esquimales y los *kåta* los lapones (figura 11).

Todos estos estudios le llevaron a considerar atentamente los factores climáticos, los cambios estacionales y las condiciones específicas de los emplazamientos y a introducir los sistemas pasivos que dotan de confort a los usuarios en su arquitectura. Formuló una «gramática arquitectónica para altas latitudes» que presentó en el CIAM de 1959 y que atendía a los factores de temperatura, abogando por la compacidad y reduciendo la superficie de la envolvente; la formación aerodinámica de las ciudades y edificios de bordes redondeados; regulando la incidencia de la luz mediante contraventanas que gradúan y proporcionan un notable efecto plástico expresando el ritmo climático; utilizando la radiación solar como recurso energético; aprovechando la dirección y protección de los vientos; atendiendo a los cambios estacionales y evitando el aislamiento social así como, dotando de una gran protección estructural e independizando la envolvente exterior de la estructura interior evitando los puentes térmicos en los balcones y las terrazas que al atravesar el aislamiento térmico se produciría.

Los principios ambientales de un emplazamiento en el ártico atienden tanto a la buena orientación al sur y protegiéndose completamente de los vientos del norte y disponiéndose sobre una pendiente suave que facilite la mayor exposición al sol. Formas compactas y una menor superficie de envolvente minimiza las pérdidas de calor junto con ventanas de reducidas dimensiones. Todos estos precursores principios ambientales guiaron los proyectos de Erskine reformulando el conocido principio *form follows climate* (Egelius 1990).

El recorrido solar la integración con el terreno y la compacidad se reflejan en la casa Gadelius en Lidingö (1961) que combinando formas curvas de gran expresividad, balcones independientes y cubiertas ajardinadas ilustra la aplicación de los principios ambientales de Erskine (figura 12). En el conjunto urbano que construye en Ortdrivaren, Kiruna en Laponia (1961-1966), ajusta la escala de los edificios, de bordes redondeados, mediante la sección de la cubierta. En la cara sur las fachadas son altas para recibir la incidencia solar y las caras norte del edificio son más bajas evitando sombras a los edificios contiguos (Egelius 1990). La sección asimétrica y las pendientes de los faldones de hasta tres plantas de altura generan un gran canalón que permite que la nieve acumulada actúe de aislamiento (figura 13).

El proyecto para la ciudad de Svappavaara en Laponia (1963-1964) compendia sus principios de la ciudad ecológica en el ártico (figura 14). En una ladera en pendiente hacia el sur organiza el conjunto delimitado por un edificio de cuatro plantas que actúa de elemento de protección contra a las ventiscas árticas del norte y además como elemento de conexión entre las viviendas y los elementos comunitarios y públicos de la agrupación como el cine, la biblioteca, el programa comercial y otras instalaciones. Los edificios se plantean desde la industrialización

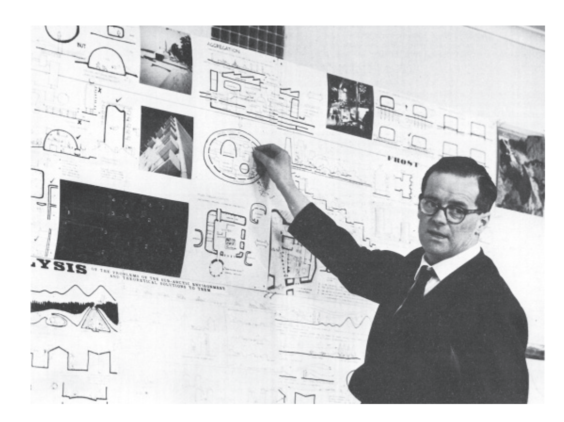


Figura 11
Ralph Erskine presentando sus estudios sobre el ártico en la reunión de los CIAM en Ottterlo, 1959 (Collymore 1983)

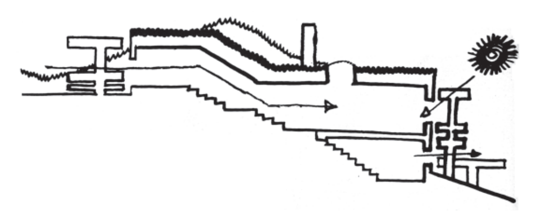


Figura 12
Ralph Erskine. Casa Gadelius en Lidingö, 1961(Collymore 1983)

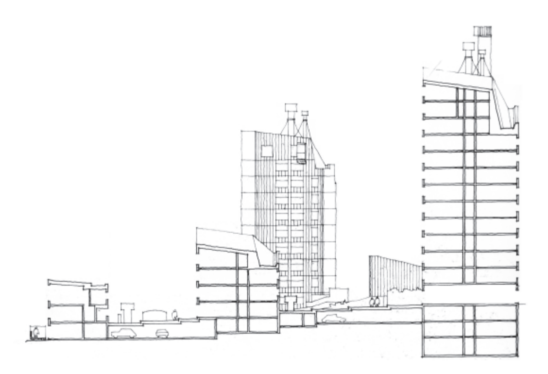


Figura 13
Ralph Erskine. Sección de las viviendas en Ortdrivaren, Kiruna, 1961-1966 (Collymore 1983)



Figura 15
Ralph Erskine. Proyecto para la ciudad de Resolute Bay, Canadá, 1973 (Egelius 1990)

de la construcción que permite la rápida ejecución y puesta en obra de los elementos prefabricados en verano y la finalización de la construcción en los interiores en invierno.

En el proyecto de Resolute Bay (1973), en el ártico canadiense, Erskine concibe una estructura amurallada que actúa como pantalla contra el viento y crea un ámbito protegido donde se sitúan las zonas de circulación, actividades al aire libre además de unas viviendas unifamiliares que fueron diseñadas de forma aerodinámica y compacta, con el máximo volumen y la mínima superficie con los reflectores solares ensayados para introducir la luz solar en el interior (figura 15).

El largo edificio muro se retomará en Byker (1969-1981) en Newcastle como protección frente a los vientos del norte y frente al ruido de una arteria urbana e ilustra el intenso vínculo del arquitecto con la materialidad física de la construcción.



Figura 14
Ralph Erskine frente al edificio muro construido en la ciudad de Svappavaara en Laponia, 1963-1964 (Collymore 1983)

Conclusión

Los fundamentos esenciales de la trayectoria de Erskine se hallan en la construcción, la experimentación y la participación ciudadana. Los proyectos analizados responden con sensibilidad al contexto, a la cultura nórdica y a la tradición constructiva buscando una armonía con el clima, la naturaleza y la sociedad, forjando una conciencia ecológica que oriente la aplicación de la tecnología e involucrando a los ciudadanos a través de encuestas y organizando asambleas. Esa capacidad de dar respuesta al entorno inmediato, y a las cualidades del lugar, evocando los aspectos esenciales de la cultura nórdica, es lo que hace de Erskine, el arquitecto formado en Inglaterra, capturar el espíritu de un lugar y su cultura y pertenecer a la saga de los arquitectos nórdicos. Estas obras analizadas cronológicamente permiten aproximarnos al discurso, tan significativo y actual de Ralph Erskine y a la singular producción de su aventura nórdica con la peculiar combinación de técnica, con-

texto, así como su capacidad de anticipar la construcción prefabricada del futuro, la conciencia ambiental y la participación social.

En su barcaza que le sirvió de estudio durante casi veinte años, afronta cada nuevo proyecto como un viaje de descubrimiento, donde la destreza y la maestría en la interpretación y aprovechamiento de las condiciones del sitio y la firmeza en el rumbo marcado, en torno a la construcción, la conciencia ambiental y la participación social, trazan un minucioso periplo que cubre más de cuatro décadas de trabajo y muestran su excepcional capacidad técnica en una secuencia de descubrimientos constructivos y hallazgos plásticos.

Lista de referencias

Collymore, Peter. 1983. *Ralph Erskine*. Barcelona: Gustavo Gili.

Egelius, Mats. 1977. «Ralph Erskine». *Architectural Design*, núm. 11-12, 1977.

Egelius, Mats. 1990. *Ralph Erskine*. Estocolmo: Byggförlaget.

Erskine, Ralph. 1962. «Villa a Skovde in Svezia». *Edilizia Moderna*, núm. 75, 1962.

Erskine, Ralph. 1963. «The Challenge of the High Latitudes». En *Nordic Architects Write. A documentary anthology*, editado por Michael Asgaard Andersen, 360-371. New York: Routledge, 2008.

Erskine, Ralph. 1968. «Vivienda y estudio en Drottningholm, Suecia». *Informes de la Construcción*, vol. 21, núm. 202, 1968.

Erskine, Ralph. 2008. «La caja, Lissma, Suecia». *AV*, núm. 132, 2008.

Lapuerta, José María. 2008. «La caja, Lissma, Suecia». *AV*, núm. 132, 2008.

Norri, Marja-Riitta. 1995. «Ralph Erskine. un funcionalista participativo». *AV*, núm. 55, 1995.

Ole Lund, Nils. 2008. *Nordic Architecture*. Copenhague: Arkitektens Forlag. The Danish Architectural Press.

El tardogótico castellano en la arquitectura eclesiástica del siglo XVI en La Española

Virginia Flores Sasso

Uno de los componentes esenciales dentro del proyecto de conquista y colonización del Nuevo Mundo fue la evangelización, que en un principio tocaba dos puntos fundamentales: la conversión de la población encontrada y el cuidado de las comunidades cristianas que comenzaban a residir en las nuevas tierras. Diversos factores hicieron que esta cristianización fuera singular y distinta a las actuaciones realizadas anteriormente por la iglesia.

Además, la llegada de los europeos al Nuevo Mundo coincidió con importantes cambios que se estaban produciendo a lo interno de la iglesia católica desde el siglo XV como resultado de movimientos renovadores, reformadores y transformadores incluyendo la elección de un nuevo papa, el 11 de agosto de 1492, el cardenal de Valencia Rodrigo Borgia, llamado Alejandro VI, quien, desde 1472, tenía una estrecha relación con los monarcas Isabel y Fernando.

En este escenario de cambios y reformas eclesiásticas los españoles inician su proyecto evangelizador, contando con el apoyo de Alejandro VI, quien en 1493 emite las «Bulas Alejandrinas», donde otorgó privilegios especiales a Isabel y Fernando, entre otras cosas. Una de estas bulas, el Breve *Pus FideliumVI*, del 25 de junio de 1493, concedió amplios poderes a *Fra' Bernal Buyl* (Fray Bernardino Boyl o Bernardo Boil), monje benedictino del monasterio de Montserrat, quien junto a 12 sacerdotes partió en el segundo viaje de Colón para dar apoyo espiritual a los pobladores españoles que se avecinarían en el primer asentamiento permanente europeo del Nuevo Mundo y a la población nativa que encontraron allí.

El padre Boyl, fue nombrado por Alejandro VI como primer vicario y delegado apostólico del Nuevo Mundo y era «persona de reconocido prestigio en la corte» (Valera 2010) ya que había trabajado como comisario y secretario de Fernando el Católico. Además, fue quien ofició la primera misa en la iglesia de Nuestra Señora de Montserrat, en la Isabela, primera villa en las nuevas tierras.

Para la construcción de la Isabela se contó con una «brigada de obreros, con acopio de ladrillos, cal y yeso» (Palm 2001, I: 88) a cuyo frente se encontró al aparejador Zafra. De acuerdo a descripciones de la época, en la zona:

> …hobo por allí muy buena piedra de cantería y para hacer cal, y tierra buena para ladrillo y tejas y todos buenos materiales. Por este aparejo dióse grandisima priesa y puso suma diligencia en edificar luego casa para los bastimentos y municiones del arma, e iglesia e hospital, y para su morada una casa fuerte, según se pudo hacer; y repartió solares, ordenando sus calles y plazas, y avecinanse las personas principales y manda que cada uno haga su casa como mejor pudiere; las casas publicas se hicieron de piedra; las demás cada uno hacia de madera y paja y como hacerse podía (Las Casas 1986, I: LXXXVIII, 363).

A medida que los conquistadores se incorporan en la isla, fundan fortalezas, villas e iglesias. En 1494 fundan los fuertes de Magdalena, Esperanza y Santo Tomás. En 1495 se funda el fuerte de Santiago y las



Figura 1
Restos de la iglesia de la Isabela, primera ciudad europea en el Nuevo Mundo (Flores 2011)

villas de Concepción de la Vega y de Bonao, con sus respectivos fuertes. En 1496 se fundó el fuerte de San Cristóbal y en 1498 la villa y fuerte de Santo Domingo. En un principio los fuertes eran de madera y luego sustituidos por fábricas de ladrillos y sillarejos.

Por tanto, en la última década del siglo XV, se registran en la isla una gran cantidad de constructores provenientes de la península, todos contratados por la corona española, de los cuales había carpinteros, maestros, albañiles, aparejadores, choceros, tejedores, aserradores y caleros entre otros. En esos momentos ya estaban establecidos los franciscanos (1493) y los mercedarios (1500). Había muchos conventos esparcidos por toda la isla, casi todos franciscanos, la mayoría eran de madera con cubierta de hojas de palma cana y unos pocos de piedra y tapia.

La llegada de Nicolás de Ovando en 1502, como gobernador de las Indias y su proyecto de Pacificación contempló fundar villas en toda la isla, dotándolas de ayuntamiento e iglesia. En 1503 fundó las villas costeras de Santa María de la Verapaz, Villanueva de Yaquino y Salvatierra de la Sabana, en 1504 fundó Puerto Real o Bayajá, Cotuí y en Buenaventura, Compostela de Azua, Puerto Plata, San Juan de la Maguana, Bánica, Santa María del Puerto de la Yaguana y Lares de Guahaba, en 1505 fundó Salvaleón de Higüey y Santa Cruz de Aicayagua (Icayagua o del Seibo) y en 1506 fundó la villa de Jacagua muy cerca del fuerte de Santiago, siendo estas las últimas ciudades que se fundan en la Española en el siglo XVI.

Fundadas todas estas iglesias, los Reyes Católicos solicitaron al papa Julio II, la creación de obispados para darle mayor estabilidad a las misiones evangelizadoras. El recién nombrado papa, quien desconocía los privilegios antes otorgados a los Reyes Católicos por Alejandro VI, emite apresuradamente, el 15 de noviembre de 1504, la bula *Illius fulciti praesidio*, mediante la cual se creaban tres diócesis en la isla Española: la diócesis de Yaguate como metropolitana y la de Magua y la de Bainoa sufragáneas de esta y emite otra bula designando a los obispos para las diócesis. Estas bulas no resultaron del agrado del rey y quedaron en el olvido. Luego, en 1508, emite otra bula que elimina la anterior, creando tres obispados: en Santo Domingo, La Concepción de la Vega y San Juan.

La dimensión del Nuevo Mundo fue una sorpresa para la corona española y para la iglesia. Apenas habían pasado 15 años de la llegada de los primeros religiosos cuando la corona ya necesitaba de reformas para poder controlar la situación y realizar adecuadamente su «misión evangelizadora». Por tanto, el rey solicitó al papa Julio II más privilegios y el 28 de julio de 1508 emitió la bula *Universales Ecclesiae*, que concede a la corona española el *Regio Patronato* que incluía el control de todas las acciones respecto a la iglesia, la presentación de sujetos idóneos para ocupar cargos eclesiásticos así como la administración de los beneficios, entre otras cosas.

La bula señala que: «...nadie, sin su expreso consentimiento, pueda construir, edificar ni erigir Iglesias grandes en dichas islas y tierras adquiridas o que en adelante se adquieren; y conceden el derecho a patronato, y presentar personas idóneas para cualesquiera Iglesias Catedrales, monasterios, dignidades colegiatas y cualesquiera beneficios eclesiásticos y lugares de pío». (Rubio 1992, 11-12).

Adquiridos estos derechos y con una economía fortalecida, la corona española, emprende su expansión territorial fuera de la isla Española fundando villas, fuertes e iglesias por todos los territorios hasta entonces adquiridos. La primera villa se fundó en la isla de San Juan Bautista, en 1508, por Juan Ponce de León que llamó villa de Caparra, dotándola de ayuntamiento, plaza e iglesia dedicada a San Juan Bautista. Luego en 1509, Juan de Esquivel fundó en la parte Norte de la isla de Jamaica la villa de Sevilla la Nueva dotándola de ayuntamiento, plaza e iglesia. Lamentablemente ambas villas fueron trasladadas y

olvidadas de modo que muchas de sus huellas han desaparecido o están enterradas y todavía no se han estudiado.

La mayoría de estas iglesias eran de madera, aunque no era el deseo del clero que se quejó solicitándole a la corona que les hiciera mejores iglesias, por tanto a principios de 1509 el Rey le escribe a Nicolás de Ovando diciéndole que: «suplicaronme mandase hacer las dichas iglesias de obra durables... por servicio de Nuestro Señor...lo he mandado asi proveer e he enviado a mandar a nuestros oficiales de la Casa de Contratación que residen en la ciudad de Sevilla que envien oficiales canteros los que fueren menester para ello...» (Palm 2001, I: 47).

Unos días después, el rey ordena que «deis mas prisa en tomar asiento con ellos y enviarlos porque desto hay necesidad». (Errasti 1998, 109). Entonces envían a «un maestro mayor de las obras, a seis albañiles y canteros, a dos caleros, a tres carpinteros, a un aserrador, a uno que anda con los indios que sirven en dichas obras y a dos que andan con las carretas en dichas obras» (Marte 1981, 64-65).

Además, el rey da las pautas de cómo deben ser las iglesias y ordenó a don Diego Colón «que sean buenas y bien fuertes aunque no sean muy altas ni muy fundiosas porque las grandes tormentas que en esa ysla se comienzan a venir no las derriben... sólo los cimientos habrán de ser de piedra y lo demás de tapia». (Palm 2001, II: 26). Razón por la cual todas las iglesias del siglo XVI no son altas y casi todas tienen cimientos de piedra y muros de tapia, salvo la Catedral y algunos conventos que son de piedra y ladrillo.

Pero, para llevar a cabo todas estas obras se necesitó de manos expertas que conocieran el manejo y uso de los materiales constructivos. Por tal motivo, en 1510 la corona envió una expedición de constructores a la Española para construir las iglesias. Una cédula real dirigida a Diego Colón y Oficiales dice que «Haganse sin dilación las Iglesias, pues ya estarán ai Maestros i materiales: seran los asientos de piedra, i lo demas de mui buena tapiera» (Palm 2001, II:87).

En ese momento se contrató al maestro mayor Alonso (Alfonso) Rodríguez, un hombre de experiencia que en 1509 estuvo trazando la catedral nueva de Salamanca con Antón Egas, las trazas de la Iglesia de Santa María de la Asunción con Juan Gil de Hontañón y que en esos momentos estaba trabajando en la Catedral de Sevilla terminando de cerrar el cimborio trazado por Simón de Colonia, razón por la cual no pudo viajar y designa a dos de sus maestros canteros Juan de Herrera y Ortuño Bretendón (Urtuño de Bretendona) y a 11 albañiles para que se encarguen de las obras en las Indias, quienes llegan en 1510 a la Española.

Tras el desplome del cimborio en 1511, se destituye a Alonso Rodríguez y se le encarga a Juan Gil de Hontañón la reconstrucción. Entre los canteros que trabajaron en la reconstrucción estaban Juan de Herrera y algunos de los albañiles que habían estado previamente en la Española. De igual manera muchos otros maestros, canteros, albañiles y carpinteros que pasaron una temporada en las Indias se regresaron a Castilla e inclusive se dan casos en que algunos obreros se regresan a las Indias.

Esto confirma la transferencia de conocimientos y la introducción del estilo arquitectónico de la época, porque junto con los constructores llegaron los sistemas constructivos y las herramientas que se usaban en el reino de Castilla. En esos momentos el estilo propio y característico de la época de los Reyes Católicos, especialmente de la Corona de Castilla, era el tardogótico. Con la muerte de los Reyes Católicos, su sucesor Carlos V y luego Felipe II, mantuvieron el estilo a lo largo de todo el siglo XVI, convirtiéndolo en una marca del imperio español, introduciendo algunos elementos renacentistas en el transcurso del tiempo. Por tanto, en las Indias, el tardogótico se arraigó y adoptó rápidamente como imagen del poder colonial.

En un principio, la selección de los hombres de la Casa Real, los religiosos y los hombres de todos los oficios estuvo a cargo del cardenal Rodríguez de Fonseca, quien para ocuparse de las obras acudió a los maestros de su confianza en aquel entonces y de la confianza de los monarcas, entre ellos: Juan Gil de Hontañón y su hijo Rodrigo, Juan de Álava, Juan de Rasines, Juan Gutiérrez de Ruesga, Juan de Badajoz, los hermanos Bartolomé y Martín Solarzano, Juan Guas, Diego Riaño, Juan de Orozco, Pedro de Ibarra y Francisco de Colonia entre otros.

Es muy probable que algunos de estos maestros tuvieran a su cargo las trazas de las iglesias y demás fábricas de las Indias, pues hasta el momento no se ha encontrado ninguna. De lo que si hay informaciones es de la presencia de personas que formaban parte de las cuadrillas de algunos de ellos. Estos canteros, de los cuales se conocen muchos nombres,

estaban formados en los focos góticos y tardogóticos de las escuelas de cantería más importante de la península, la mayoría de ellos de procedencia norteña, específicamente de la Trasmiera y el País Vasco.

Por ejemplo, de Juan de Álava se sabe que oficiales albañiles de su cuadrilla participaron en la construcción de la Catedral de Santo Domingo, la iglesia de los dominicos, Casa de los medallones y Casa del cordón entre otras, ya que además de tener sus nombres ha quedado plasmado en las edificaciones elementos característicos de su arquitectura tales como medallones con bustos tallados en piedra, elementos platerescos y renacentistas, grutescos y otros elementos medievales como las estatuas de santos situados bajo doseletes góticos y sobre repisas (figura 2).

Además, en la iglesia de los dominicos se utiliza la bóveda de rampante llano con combados en forma de cuadrifolia y círculo alrededor de la clave central donde muestra un modelo que Álava repetirá en sus futuras obras y que se convirtió en un elemento característico de las iglesias dominicas en todo el mundo hasta el XVII.

De igual manera, elementos característicos utilizados tanto por Juan Gil de Hontañón como por su hijo Rodrigo, aparecen en algunas edificaciones importantes en Santo Domingo como los arcos abocinados o de cuerno de buey que tiene la fachada de la Catedral de Santo Domingo, escaleras de husillo, bóvedas estrelladas y una gran cantidad de elementos decorativos de igual traza a las obras realizadas por los Hontañón en las catedrales de la península. Posiblemente fueron realizados por los canteros y oficiales albañiles de su cuadrilla que estuvieron en la Española en diferentes momentos.



Figura 2
Medallón en la fachada principal de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)

La llegada de importantes grupos de canteros en 1510 coincide con la fundación de las primeras villas en tierra firme, siendo la primera en tener iglesia Santa María La Antigua del Darién (Colombia) luego trasladada a la nueva villa Nuestra Señora de la Asunción de Panamá en 1519. Además coincide con la llegada de la Orden de Predicadores a la Española, en 1510, quienes de inmediato iniciaron diligencias para construir su iglesia y convento. Igualmente, en 1511 se fundó la villa Nuestra Señora de la Asunción de Baracoa donde se construyó la primera iglesia de la isla de Cuba, de madera con cubierta de hoja de palma de guano. Consecuentemente era un momento de mucha construcción tanto en España como en Las Indias, principalmente en la Española centro del poder real y eclesiástico del momento.

A partir de entonces, llegan otros grupos de maestros, canteros, albañiles, carpinteros y demás oficiales que van moldeando las nuevas ciudades españolas en Las Indias a semejanza de las implantadas en la península. Estos oficiales, compartieron opiniones, ideas y colaboraron unos con otros, lo que originó un estilo particular que a pesar de estar muy arraigado al tardogótico castellano, presenta ciertas características propias que luego sirven de modelo para el resto de las colonias del Nuevo Mundo.

Además, el modo peculiar en que la corona española manejó los asuntos eclesiásticos en esos momentos, tanto en la Península como en Las Indias, dejó casi incomunicada a las iglesias con Roma y con el resto de Europa. En consecuencia, las influencias extranjeras fueron nulas o casi nulas, arraigando con más fuerza el modelo tardogótico manteniendo al margen las nuevas tendencias que circulaban por el resto de Europa.

Catedral de Santo Domingo

Es la obra más imponente de la arquitectura religiosa del siglo XVI en América. En ella se puede ver el tardogótico en su esplendor. Sin duda alguna se puede asegurar que la concepción de la traza y su configuración espacial se debe a la intervención de maestros y canteros norteños de la corona de Castilla. La iglesia

está orientada en dirección este-oeste, de planta rectangular que tiene casi el doble de largo que de ancho, del tipo iglesia de salón o hallenkirche, de tres naves, una central y dos naves laterales separadas por columnas cilíndricas y exentas, dividida en siete tramos con dos puertas laterales una al norte y otra al sur, una puerta principal al Poniente, ábside ochavado, capilla mayor, sacristía, capillas entre sus contrafuertes y un coro bajo ubicado entre los tramos cinco y siete, el cual fue eliminado en 1877 (figura 3).

La cubierta es una bóveda de crucería estrellada de piedra caliza con plementería también de piedra que cubre las naves. La Capilla Mayor tiene también una bóveda estrellada con claves talladas, separada de la nave central por medio de un arco de triunfo formado por dovelas de piedra decoradas con motivos florales. La iluminación procede de las ventanas ubicadas sobre los muros norte y sur, así como de las que se encuentran en el ábside y la fachada principal (figura 4).

La altura de la nave central y las laterales es casi la misma, dándole de esta manera un carácter de unidad en su interior. Hacia el lado sur está la sacristía cubierta también por otra bóveda de crucería y entre los

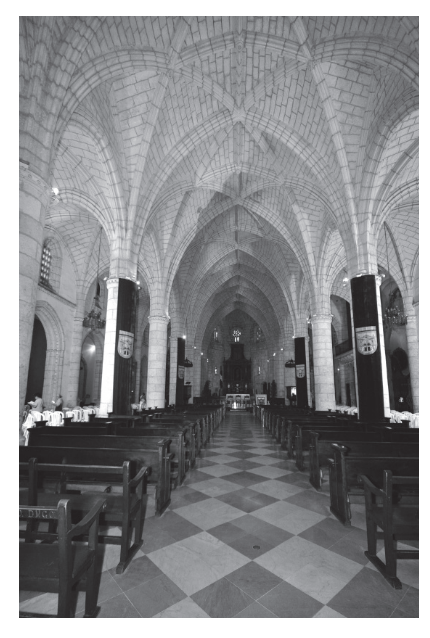


Figura 4
Vista del interior de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)



Figura 3
Planta de la Catedral de Santo Domingo con nombres de capillas (Flores 2011)



Figura 5
Vista del coro alto (Flores 2011)

contrafuertes están las catorce capillas laterales, siete en cada lado cada una de ellas cubiertas por bóvedas y cúpulas de distintos tipos. Sobre la puerta sur está el coro alto y debajo del balcón tiene una hermosa talla de grutescos y ángeles (figura 5).

La fachada principal tiene un frontispicio enmarcado en dos pilastras que actúan como estribos o contrafuertes que al avanzar hacia el frente reducen su anchura formando ángulos. Estas pilastras, robustas sin exageración, tienen en sus distintas caras subdivisiones con campos decorados. En el primer cuerpo se localizan unas hornacinas que albergan las figuras de los evangelistas San Mateo, San Marcos, San Lucas y San Juan, cada una con peana y doselete. En el segundo cuerpo se hallan dos nichos, donde están San Pedro y San Pablo (figura 6).

En la cara frontal de los estribos hay dos paneles con la representación del escudo del emperador Carlos V de Alemania y I de España y en el centro el escudo completo. A ambos lados del escudo están unos arcos abocinados o cuernos de buey, decorados en ~~el~~ su interior con casetones tallados con motivos florales y otros objetos como cálices y candelabros, entre otros. Este abocinamiento marca una jerarquía, en la que destacan las dos puertas principales de entrada. Por encima de estos arcos y atravesando de manera horizontal toda el área, está colocado el entablamento compuesto por el arquitrabe, friso y cornisa; suspendido sobre las pilastras en que se enmarca el frontis. El triangulo que remata la portada reemplaza al frontón. El friso está compuesto por placas superpuestas al paramento de fachada. Está todo tallado y en su centro tiene un medallón con rostro de mujer.

El portal sur data de 1524, por lo tanto es el más antiguo de la Catedral. El acceso a esta puerta se hace a través de un soportal o especie de pórtico que la precede y que está cubierto por una bóveda soportada por dos arcos carpaneles. Junto al portal está la escalera de husillo, que lleva al coro alto y a las cubiertas (figura 7).

Figura 6
Vista de la fachada principal de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)



Figura 7
Escalera de husillo en el interior de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)



Figura 8
Interior de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)

El portal norte data de 1527, está enmarcado por un arco carpanel decorado en la parte superior con perlas isabelinas. Este arco descansa sobre parte de los enjarjes que componen la arquivolta conformada por una serie de arcos ojivales concéntricos y enmarcados por una franja decorada con motivos vegetales. Estos enjarjes están apoyados en señoriales basamentos. El tímpano de la puerta se forma entre el arco carpanel y la arquivolta en el que están ubicados tres nichos con doseletes en forma de veneras y ménsulas a modo de peanas, en dos de los cuales se representan cabezas de querubes. Entre la arquivolta y el arco conopial está tallada una jarra de azucenas.

El campanario de la Catedral está ubicado en el suroeste, colocado exento del edificio. Nunca llegó a terminarse quedando solo la base, donde se construyó un pequeño campanario de ladrillos. Del lado Sur de la Catedral se encuentra la claustra, donde se encuentran las casas de los canónigos. Asimismo, dentro y fuera de la Catedral hay una serie de marcas de cantería dejadas por los primeros canteros que trabajaron en ella (figura 8).

Iglesia del Convento de Santo Domingo

La iglesia de Santo Domingo inició su construcción en 1514. Tiene planta rectangular de una sola nave y nueve capillas laterales ubicadas entre los contrafuertes, haciendo la función de las naves laterales, ya que están comunicadas entre sí a través de pequeñas puertas. Está orientada en dirección este-oeste con crucero con una bóveda de crucería que a diferencia de la linterna y cúpula, no llega a definirse en forma autónoma (Palm 2001, I: 54).

La sacristía está ubicada al sur y es un recinto rectangular cubierto con una bóveda nervada que descansa en ménsulas talladas que se une al presbiterio por una puerta definida por un arco conopial polilobulado. La otra puerta de la sacristía, que une la iglesia con el convento, también está enmarcada por otro arco conopial polilobulado.

El ábside y la nave están cubiertos por una bóveda de crucería de igual altura que la bóveda del presbiterio. Los brazos, cubiertos en ambos lados por idénticas bóvedas de crucería de piedra estrellada, están separados de la parte central por arcos de descarga escarzanos, muy anchos, sobre los cuales hay tres ventanas de desigual tamaño sobre ménsulas alargadas. La nave no tiene ventanas mientras que el ábside, aunque actualmente están tapiadas, tuvo tres ventanas en lo alto del muro: una central y dos laterales.

La capilla mayor tiene planta ochavada cubierta por una bóveda de crucería en forma estrellada. Para dar mayor amplitud y sentido unitario a la cabecera, se incorpora en estos casos al tramo cuadrado del crucero, los brazos laterales y el ábside achaflanado, formando una unidad.

La nave transversal está intercalada entre testero y tramos occidentales y no excede la profundidad de las capillas, mostrando muy marcada la significativa hipertrofia de la cabecera, donde el crucero, según el patrón tardogótico castellano, ocupa el espacio de dos tramos, con una bóveda chata que no se nota sino desde arriba. Aunque carece de nártex, el plano deja reconocer el vestíbulo profundo formado por el sotocoro, cubierto por una bóveda nervada casi plana, que provoca una sensación de ligereza y esbeltez. Esta bóveda chata sostiene el coro alto y se convierte en un elemento característico de las iglesias dominicas de la época.

La fachada principal es un hermoso frontispicio, también de origen tardogótico que ha sido ligeramente alterado a través del tiempo. Esta coronada por un rosetón abocinado de corte muy sencillo pero elegante, rematado por un arco de medio punto terminado en sus extremos por ménsulas y está formado por piezas de piedra caladas con vitrales, permitiendo el paso de la luz hacia el interior de la iglesia. Este ele-

mento indica la calidad de los maestros de obras que participaron en la fábrica. La puerta principal la conforma un arco apuntado, sobre el cual está colocada una cornisa a manera de cenefa que la divide en dos.

Vale la pena mencionar que en sus cubiertas hay vasijas de barro colocadas como relleno para aligerar el peso en las pechinas. Se presume que eran jarras de aceite o de aceitunas. También en las excavaciones arqueológicas que se realizaron en los patios se encontró una gran cantidad de fragmentos de jarras de aceitunas o de aceite.

Iglesia del Convento de Nuestra Señora de las Mercedes

El conjunto conventual inició en 1527 hasta 1555, construido por el maestro mayor Rodrigo Gil de Liendo. La iglesia tiene una planta rectangular de una sola nave con ábside ochavado en el testero, con capillas laterales ubicadas entre los contrafuertes las cuales se comunican entre sí por medio de pequeñas aberturas o portillos, al igual que la iglesia de los dominicos. Esta cubierta por una bóveda de crucería que descargan transversalmente a la nave en arcos ojivales y se apoyan longitudinalmente en gruesos muros. Una de las pilastras tardogótica del templo original se encuentra en la unión de la pared del ábside con el primer contrafuerte de la iglesia, en el lado norte.

Tiene fuertes estribos en los pies para soportar los campanarios, uno a cada lado de la nave y en coincidencia lineal con las capillas laterales.

Iglesia Nuestra Señora de Montserrat, en la Isabela

Es la primera iglesia construida en el Nuevo Mundo y lugar donde se dio la primera misa. Esta iglesia fue construida rápidamente y en 1495 estaba terminada con campana y todo. Hoy solo quedan huellas arqueológicas, donde su planta rectangular es de 15 x 6 m, de una sola nave, orientada en sentido este-oeste con cabecera rectangular, donde estaba el altar y la sacristía que ocupaban 3 m de la iglesia. Con puerta principal al oeste y dos puertas laterales al norte y sur. El campanario estaba cerca del centro del muro norte. Los muros eran sillarejos y se completaban con tapia.

De acuerdo a la arqueóloga Catherine Deagan (2002), la iglesia nunca tuvo cubierta de tejas y dentro el piso era una capa fina de mortero de cal, posiblemente por lo rápido de su construcción que no esperó a tener listos los hornos de teja y ladrillo. Al poco tiempo la Isabela, pierde su importancia, trasladándose casi todos sus vecinos hacia Santo Domingo, incluyendo los asuntos administrativos y las instituciones de gobierno.

Iglesia de Santiago Apóstol, en Jacagua

Hasta el momento no se conoce la fecha exacta del inicio de la construcción de la Iglesia de Santiago Apóstol en Jacagua, posiblemente se fundó junto con la villa el 25 de julio de 1506 y en un principio fue de madera y cana. Para 1511 se comenzó la iglesia de piedra, tal y como señala el rey Fernando cuando le ordenó a don Diego Colón y al tesorero Miguel de Pasamonte que «...començado la Iglesia de la Villa de Santiago, i por ahora bastara se haga de una nave, i sea de mampuesto, e las esquinas de piedra labrada con arcos e cubiertas de madera i porque deseo prontitud en que se acaben las Iglesias...» (Marte 1981, 90).

Hoy solo quedan las ruinas de la iglesia donde se observa parte de la planta de cajón de nave única dividida en tres tramos con pilastras cruciformes y cabecera única rectangular de donde salen dos contrafuertes terciados. Los cimientos son de piedra y suben hasta dos pies sobre el nivel de piso, luego el muro continúa de mampostería mixta de ladrillo con sillarejo y las esquinas son de sillares de piedra.

Catedral de la Concepción de la Vega

La iglesia de la Inmaculada Concepción se fundó en 1495 junto con la villa, posiblemente el 8 de diciembre, día de la Purísima Concepción. Esta primera iglesia era de madera y cana, hasta que en 1511 se convirtió en Catedral asignándole un obispo, quien llegó a la isla en 1514 y de inmediato inició la gestión para construir una catedral más digna y duradera, que fuera de piedra y ladrillo. Es probable que el obispo iniciara en esa fecha la construcción de la capilla mayor. En 1525 comenzó la construcción del resto de la catedral y en 1528 «hay...Iglesia de piedra…» (Palm 2001, II: 23).

La catedral estuvo parada en varias ocasiones por falta de fondos. Todavía en 1534 «…no tiene torre e la torre de las canpanas esta començada e no acabada e no tiene clavstria ni casa para capitulo […] tiene necesidad de hazer la capilla della mayor de lo que presente esta asy de alto como de ancho e largo porque es mas baxa la capilla quel cuerpo de la yglesia e muy pequeña para el cuerpo de la dicha yglesia porque el dicho cuerpo es grande e la capilla pequeña…» (Santiago 1988, 70). Hoy solo quedan algunos pesados de muros y todavía no se ha hecho arqueología en el lugar.

Monasterios de San Francisco

La Orden de San Francisco, llegó en 1493 siendo la primera en llegar al Nuevo Mundo y en establecer la Provincia Franciscana de Santa Cruz de Las Indias en 1505. Además, fue la orden religiosa que más construyó en la isla, quedando en la actualidad resto de dos de sus monasterios en la Concepción de la Vega y en Santo Domingo.

En el caso del Monasterios de San Francisco en Santo Domingo la primera iglesia era «un gran bohío con columnas de madera redondas, en número de seis, probablemente sin atrio ni división entre naves y presbiterio, con piso de mortero hecho con cal y barro y protegida por una verja o pared». (Errasti 1998, 96). Fue arruinada por huracanes en 1508 y en 1509, decidiendo hacerla en materiales más durables, iniciando la construcción de la iglesia de piedra en 1511. El conjunto monasterial consta actualmente de dos iglesias, dos claustras y el monasterio.

La iglesia más pequeña es planta de nave única con ábside poligonal. Hacia el lado norte tiene un portal lateral enmarcado por arco ojival y tres capillas entre contrafuertes que según las excavaciones arqueológicas también tuvo tres en el lado sur. Está cubierta por cúpula de ladrillo de influencia mudéjar, de baja altura al parecer «dicese haberse hecho ansí tan pequeña y baja temiendo se cayese con las muchas y recias tempestades. No hay en la casa edificio tan bajo como ella» (Gómez 1982, I: 414).

En 1543 se le encargó al maestro cántabro Rodrigo Gil de Liendo la construcción de una nueva iglesia mas grande la cual en 1544 tenía «más de dos tapias de cantería labradas» (Errasti 1998, 96). Esta iglesia es de planta rectangular de una sola nave, ábside ochavado con contrafuertes inclinados. Tiene crucero de grandes proporciones excediendo la profundidad de las capillas laterales. Entre contrafuertes se desarrollan las capillas, cuatro en cada lado. Los restos de la bóveda de ladrillo que quedan en el presbiterio indican que la iglesia era la más alta en la isla.

Iglesia de Higüey

Fue fundada en 1505 al crearse la villa y en 1512 se convierte en parroquia pero sin ninguna advocación por estar allí la Virgen de la Altagracia. En 1694 se dedicó a San Dionisio Obispo de Paris. En 1518 «la yglesia desta villa es de paja…» con paredes de madera y en 1533 se mandó a construir en piedra ya que «son tan pobres que no se an podido hazer de piedra hasta oy…», pero no fue hasta 1569 cuando se inicia la obra del actual templo, terminándose en 1572 gracias a la ayuda de don Simón de Bolívar y Jáuregui.

La iglesia parroquial es de nave única de 8.10 m de ancho por 32.40 m de largo, con boca capillas entre contrafuertes de unos 2.10 m de ancho. Tiene una torre de campanario adosada al lado norte y en su piso bajo la capilla bautismal; la sacristía al lado de la capilla mayor, en el lado sur. El ábside es ochavado de donde salen dos contrafuertes terciados y está cubierto con bóvedas de crucería.

Capilla de Nuestra Señora de los Remedios

Su construcción data de principios de siglo XVI pues en 1554 formaba parte del mayorazgo de Francisco Dávila. Tiene planta rectangular con nave única, con crucero a mayor altura, cubierta con bóveda de crucería de ladrillo que descansan en arcos y soportes. El ábside es ochavado de donde salen contrafuertes inclinados y está cubierto con bóveda de crucería de ladrillo, resuelta internamente por medio de nervios terceletes. Su fachada es de ladrillo y presenta un hueco superior donde estuvo una imagen. También tiene una espadaña de tres arcos para las campanas (figura 9).

Conjuntamente con todas estas iglesias se construyeron otras iglesias durante todo el siglo XVI, algunas de piedra otras de madera.



Figura 9
Interior de la capilla de los Remedios, Ciudad Colonial de Santo Domingo (Flores 2011)

En conclusión, está claro que en las fábricas de las primeras iglesias la participación de los maestros y canteros castellanos del tardogótico tuvo un protagonismo sin igual, que quedó plasmado en todas las edificaciones eclesiásticas del siglo XVI. Además, no hubo participación directa del indígena en las obras ni en las tallas ya que el indígena de las islas del Caribe solo conocía como trabajar el barro y la madera, pero no manejaba ni tenía herramientas sofisticadas para trabajar la piedra. Por tanto, en las primeras décadas algunos de los constructores dedicaron parte de su tiempo a enseñarles el oficio para que le sirvieran de ayudantes. Este problema no se presentó en tierra firme porque el nativo sabía construir con piedra y utilizaba herramientas (figura 10).



Figura 10
Fachada de la Catedral de Santo Domingo (Flores 2011)

Lista de referencias

Deagan, Catherine. 2002. *Columbus Outpost amoung the tainos*. Yale University.

Errasti, Mariano. 1998. *Los Primeros Franciscanos en América. 1493-1520*. Fundación García Arévalo, Serie Investigaciones 18, Santo Domingo: Amigo del Hogar.

Fernández de Oviedo, Gonzalo. [1535] 1996. *Sumario de la Natural Historia de las Indias*. Biblioteca Americana, Cronistas de Indias, México: Fondo de Cultura Económica.

Flores Sasso, Virginia. 2011. *Basílica Catedral de Santo Domingo.* Patronato de la Ciudad Colonial de Santo Domingo, Centro de Altos Estudios Humanísticos y del Idioma Español, Santo Domingo: Editora Amigos del Hogar.

Gómez Canedo, Lino. 1982. *Archivos franciscanos de México.* Tomo I, Universidad Nacional Autónoma de México, México: Instituto de Estudios y Documentos Históricos.

Las Casas, Bartolomé de. 1987. *Historia de las Indias*, Lib. I, Cáp. XC., Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo: Editora Corripio, S.A.

Marte, Roberto. 1981. *Santo Domingo en los Manuscritos de Juan Bautista Muñoz*. Vol. I, Serie Documental Fundación García Arévalo. España: Ediciones Fundación García Arévalo.

Palm, Erwin Walter. 2001. *Monumentos Arquitectónicos de la Española*, Tomo I y II. Sociedad Dominicana de Bibliófilos, Santo Domingo: Editora Búho.

Rubio, Vicente. 1992. *La Santa Sede concedió a la corona española el Patronato Real sobre tierra americana*, Santo Domingo: Periódico El Caribe, 28 de noviembre. 10-11.

Santiago, Pedro Julio. 1988. «La Catedral Primada: Obra y Fábrica, Pleitos entre partes y diezmos del azúcar. Documentos 1533-1557». En *Casas Reales, 19*. Santo Domingo: Editora Taller.

Valera, Consuelo. 2010. *Cristóbal Colón y la construcción de un Nuevo Mundo. Estudio 1983-2008*. Archivo General de la Nación, Vol. CVII, Santo Domingo: Soluciones Técnicas.

Proyecto para la restauración del Monasterio del Parral (Segovia) de Eladio Laredo (1917)

Mª Aurora Flórez de la Colina

Esta comunicación estudia la relación entre las enseñanzas de historia de la arquitectura y el proyecto de restauración arquitectónica a principios del siglo XX, a través del realizado por el arquitecto Eladio Laredo en 1917 para la restauración del monasterio de Santa María de El Parral en Segovia. Autor también del actual Museo Casa del Greco en Toledo (Ordieres Díez 1995, 146),[1] estos proyectos estaban orientados a difundir nuestro patrimonio arquitectónico, tanto en España como fuera de nuestro país. La imagen que se quería dar de nuestra arquitectura histórica buscaba resaltar técnicas de construcción tradicionales, pero también actualizar algunas de ellas.

Este proyecto prácticamente desconocido, refleja el estado del Monasterio de El Parral a principios de siglo y proyecta sobre él algunas ideas características de este arquitecto de Cantabria, reflejo de su paso por la Escuela de Arquitectura en Madrid (Ordieres Díez 1992, 17-18).[2] Las cuidadas acuarelas transmiten su deseo de recuperación y difusión del arte y de la historia de este edificio inacabado, así como su propuesta para resaltar su valor. Aunque no se llegaran a ejecutar las detalladas propuestas que se reflejan en el documento que se quiere dar a conocer, sí son un indicio de su estancia prolongada en el monasterio, dirigiendo posiblemente otros trabajos más urgentes de conservación del monumento.

Las conclusiones de esta comunicación recogen ideas para aplicar la historia de la arquitectura y este caso práctico a la enseñanza actual de dibujo, construcción y proyectos en nuestras escuelas de arquitectura, así como criterios de intervención en este tipo de edificios.

El Monasterio de El Parral en Segovia

El monasterio de El Parral en Segovia es, según Jerónimo López de Ayala y Álvarez de Toledo, conde de Cedillo: «uno de los monumentos más bellos y peregrinos entre los muchos y notables que se alzaron desde la mitad del siglo XV hasta la mitad del siglo XVI, período que en España produce los más sazonados frutos de las postrimerías del arte ojival y de la primera fase del Renacimiento clásico, que tanto arraigó en España» (Cedillo 1911, 261).[3]

Fundación de Juan de Pacheco, marqués de Villena, camarero mayor del príncipe Enrique de Trastámara, que inició la compra de los terrenos de una antigua ermita situada al borde del río Eresma en 1447 al cabildo de la catedral, según parece, por deseo del príncipe. Es un monasterio de la Orden Jerónima, orden exclusivamente española y vinculada a la corona. En 1454, ya rey, Enrique IV, asumió como propia la fundación; se construyeron el claustro principal y el de la hospedería, iniciando la capilla mayor. Se atribuye la traza, con la iglesia al norte y los cuatro claustros en la ladera sur hacia el río, siguiendo las directrices de la orden Jerónima, a Juan Gallego (1454). Otros artífices serían Martín Sánchez Bonifacio (cabecera de la iglesia, 1472), Juan Guas (proyectó posiblemente la nunca acabada fachada princi-

pal de la iglesia e intervino en las bóvedas de la capilla mayor; también se le atribuye la portada que da acceso a la antesacristía, con escudos del primer marqués de Villena), Sebastián de Almonacid (apostolado de la capilla mayor, 1494), Juan Campero (campanario, 1529), Juan de Ruesga (coro, 1494), Juan Rodríguez y Lucas Giraldo (retablo mayor; sepulcros de Juan López Pacheco y María de Portocarrero, Marqueses de Villena, 1528), Bartolomé Fernández (sillería del coro, 1526). (Cedillo 1911, 261; Ruiz Hernando 1990, 156-160).[4]

El claustro principal conectado a la iglesia en su lado sur, tiene el claustro de portería al noroeste del principal, casi alineado con su lado norte y conectado a su vez con el de la hospedería en dirección suroeste; en el lado sur oeste del claustro principal, se encuentra el claustro de enfermería, finalizado en 1506.

Los daños en el monasterio y la dispersión del patrimonio cultural que atesoraba, están vinculados a la ley de desamortización de Mendizábal y a la expulsión de los monjes Jerónimos en 1834, orden que llegó a desaparecer casi totalmente. Su estado en 1845-50 queda reflejado en el diccionario de Madoz: « El edificio se arruina por momentos, las huertas inmediatas han sido enajenadas y se conserva la iglesia, por ser reparada por la comisión de monumentos, preocupada por la magnífica sillería, el órgano y los sepulcros de la casa de Villena, algo deteriorados; las lápidas de bronce han desaparecido » (Ordieres Díez 1995, Addenda I. 273 y 328).[5]

Los trabajos realizados por la Comisión de Monumentos se recogen en publicaciones como la monografía de Joaquín Tello Giménez : «Nombrada una Comisión de Monumentos históricos y artísticos de la provincia de Segovia, acordó en la Junta celebrada en el 12 de octubre de 1844, varios años después de haber abandonado los monjes el Monasterio, que debía conservarse el claustro y la iglesia … solicitándose informes del Superintendente de la Casa de la Moneda de Segovia para utilizar el edificio como fábrica, sin tocar ningún tesoro artístico, acordándose en 15 de mayo de 1847, que se cuidara dicho Superintendente de la conservación del Monasterio, a cuyo fin se consignaban en presupuestos la suma de 3.300 reales. … Acordada la urgente reparación de la iglesia, fue tasada por el arquitecto Vázquez de Zuñiga en los ya citados 3.300 reales, sin perjuicio de hacer un presupuesto mucho más amplio para el resto de la obra» (Tello Giménez 1929, sec.5. 22-23).[6]



Figura 1
Detalle del «Plano de Emplazamiento» del Proyecto de Eladio Laredo. Planta del Monasterio: 1. Claustro Principal 2. Claustro de Portería 3. Claustro de Hospedería. 4. Claustro o patio 5. Claustro de Enfermería (Laredo y Carranza 1917)

Sobre las reparaciones en este edificio, otros dos documentos completan lo anterior, recogidos en la citada publicación de Isabel Ordieres:

- la necesidad de «inmediata y eficaz reparación a fin de poderlo conservar debidamente » (Carta de la Comisión al Director de Agricultura, Industria y Comercio del 11 febrero 1856)
- el importe de los trabajos realizados (Importe invertido por el Ministerio de Fomento para la conservación y reparación de monumentos; Boletín de la Academia de San Fernando, 1881, p. 74-77): el 13 febrero 1854, 5.000 reales para «desescombrado de la parte que mediaba entre el foso y el edificio en la parte que mediaba al norte», obras supervisadas por Vázquez de Zuñiga ; el 27 mayo 1856, 12.000 reales, según proyecto del arquitecto Miguel Arévalo; el 31 julio 1856, 9.732 reales, que no se llegaron a gastar por «diferencias surgidas entre la Comisión provincial y el Gobernador»; el 23 diciembre 1856, 12.000 reales; el 27 agosto 1862, no figura el importe (Ordieres Díez 1995). En la de Joaquín Tello Giménez, que indica que: «Se acordó el 6 de noviembre de 1867, conceder 59.036 reales para proseguir las obras de consolidación del edificio, que fue

cedido en 30 de julio de 1875 a las Religiosas de la Concepción, que se comprometieron a realizar las obras necesarias en la parte que se les destinó» (Tello Giménez 1929, sec.5. 24-27).[7] Estas religiosas realizaron una solicitud en 1895 para que el Ministerio de Fomento les diera una ayuda para reparaciones, que fue denegada tras informarse las autoridades estatales que no se había declarado Monumento Nacional (Mateo, López-Yarto Elizalde y Ruiz Hernando 1997, 171).[8]

Por todo ello, el monasterio de El Parral a principios del siglo XX se encontraba en muy mal estado. La Comisión de Monumentos y en su nombre el conde de Cedillo, iniciaron la tramitación para la declaración como monumento nacional en 1911, que no tuvo lugar hasta el 6 de febrero de 1914 (Ref. LIX, 260-262) (Ordieres Díez 1995, Addenda V. 461 y 471).[9] Los monjes Jerónimos no volverían al monasterio hasta los años 1925-1927, según describe Joaquín Tello Giménez en su monografía (Tello Giménez 1929, sec. 4) y siguen allí hasta la fecha.[10]

El proyecto de restauración realizado por Eladio Laredo y Carranza en 1917

El arquitecto Eladio Laredo y Carranza (1864-1941) había colaborado con Benigno de la Vega-Inclán y Flaquer (1858-1942), marqués de la Vega-Inclán, en el desarrollo de varios proyectos para recuperar y difundir el patrimonio español, como el proyecto de la Casa del Greco en Toledo (1909), sobre los restos del palacio antiguo de Villena y una casa aneja en la que se decía que había vivido El Greco. El marqués fue nombrado por el Rey Alfonso XIII primer Comisario Regio para el Turismo y las Artes Populares en 1911 y vocal del Patronato de la Alhambra en 1913, recurriendo al arquitecto en múltiples y sucesivos proyectos. También conocía a Jerónimo López de Ayala (1862-1934), conde de Cedillo y había sido alumno entre 1885 y 1891 en la Escuela de Arquitectura de Madrid de profesores como Arturo Mélida y Alinari (1849-1902), restaurador de San Juan de los Reyes (1881) por encargo del Ministerio de Fomento y de la Sinagoga del Tránsito, restauración que inició él y que terminó Eladio Laredo después de su fallecimiento.

En el momento de realizar este proyecto, no parecía existir la seguridad de poder restaurar la rama masculina de la orden Jerónima y por ello, la actuación que se propone para no afectar en exceso a la configuración del edificio es su uso como seminario: «Como se puede ver la distribución no puede ser mejor para un edificio de enseñanza, reuniendo todas las mejores condiciones de comodidad y ventilación» (Laredo y Carranza 1917, memoria 11). Laredo podía centrarse en la parte artística de un proyecto arquitectónico pero a la vez tenía especial habilidad para encontrar medios ingeniosos o usos alternativos que no alteraran mucho la disposición original de los edificios y que les permitieran generar los recursos económicos necesarios para su conservación y mantenimiento. Lo había hecho siendo todavía estudiante de arquitectura con la publicación en 1891 de la Memoria de su Proyecto de restauración de la iglesia de Santa María en Castro Urdiales (Avendaño Pereda, Pérez Martín y Flórez de la Colina 1998, 21-27);[11] la venta generó algunos recursos económicos pero sobre todo permitió convencer tanto a las autoridades como a los habitantes de esta villa cántabra de la necesidad de contribuir económicamente a su conservación. En el Museo o Casa del Greco en Toledo, la idea inicial había sido hacer un «Museo castellano» y así se indica en la portada de su proyecto de 1909; pero en un momento dado, se cambió la idea inicial centrándola en que la colección de cuadros de este pintor se pudieran exponer y obtener un cierto beneficio económico de las visitas, en el posible desarrollo económico y cultural que podían aportar los turistas. Lo que hoy nos puede parecer bastante evidente, no lo era tanto en la España de principios del siglo XX.

En el Monasterio casi abandonado, algunos de los futuros monjes intentaban recuperar la orden Jerónima en España. Posiblemente para asesorar como arquitecto al Conde de Cedillo en relación con algún aspecto del conjunto edificado relacionado con la tramitación de la declaración como Monumento Nacional, Eladio Laredo realizó algunas de sus primeras visitas, y quedó muy interesado por el edificio. Pasó allí alguna noche y acabó permaneciendo semanas o meses, realizando la toma de datos para su proyecto. La memoria y planos que forman parte de este detallado documento se realizaron posteriormente, ya en el estudio de Madrid, como indican las fechas: desde el 3 abril de 1917, fecha que figura en el «Plano de

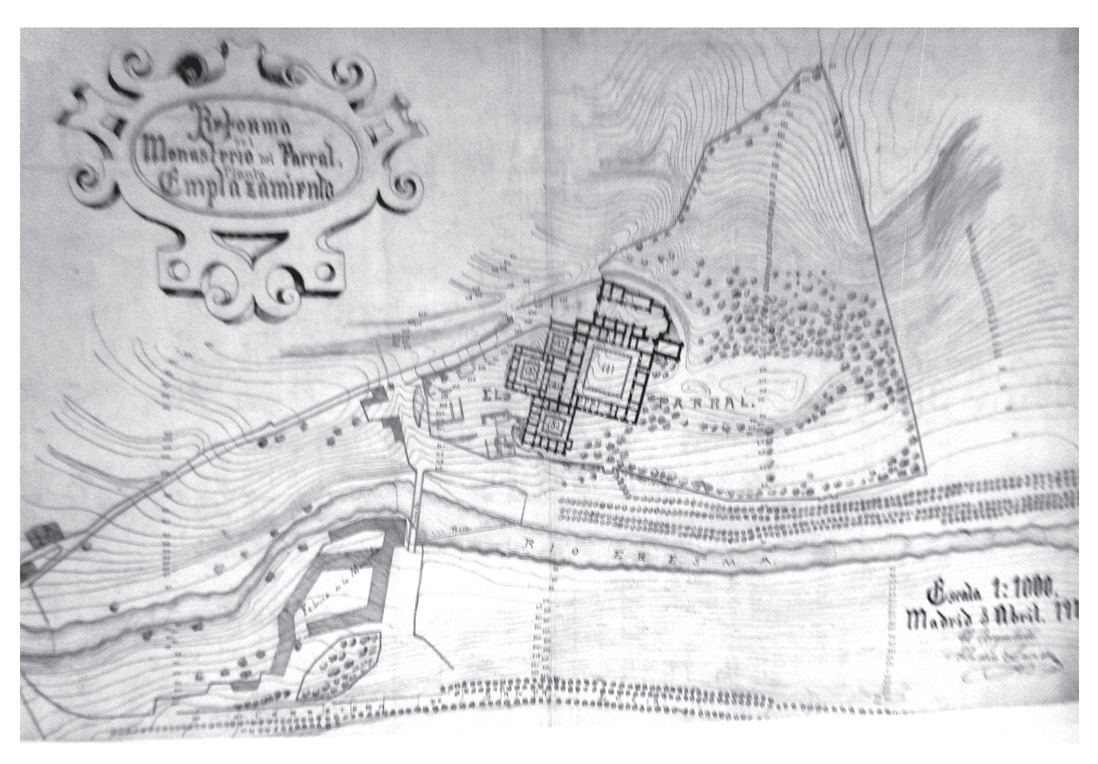
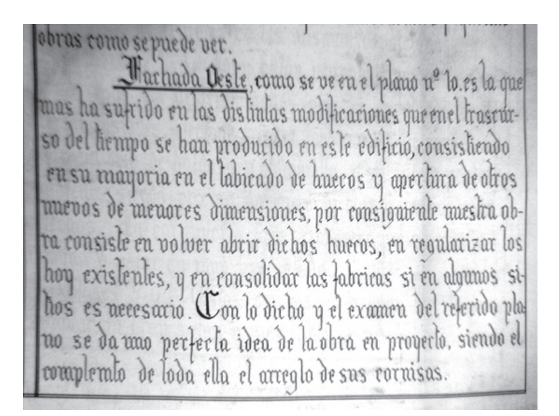


Figura 2
«Plano de Emplazamiento» del Proyecto de Eladio Laredo, 3 de abril de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

Emplazamiento», hasta el 30 de mayo de 1917, que figura en el plano de «Detalles» que describe un nuevo techo artesonado para una zona de la biblioteca del monasterio. En el «Plano de emplazamiento», trazado con tintas de varios colores sobre papel-tela, aparece la situación del Monasterio de El Parral, muy próximo al rio Eresma, con las curvas de nivel que reflejan la topografía del lugar, así como las arboledas y paseos. Una ubicación con buenas características climáticas al estar protegido de los vientos del norte por la elevación del terreno. Para llegar a él se atraviesa un puente que está muy próximo al edificio de la Fábrica o Casa de la Moneda, que también aparece dibujada esquemáticamente en el plano.

En los distintos planos del proyecto de 1917 de Eladio Laredo para Santa María de El Parral, se mantiene el característico y emblemático uso religioso que había tenido el edificio durante varios siglos y su función representativa y de formación en la que quiere destacar en la biblioteca. Todos ellos recogen tanto el estado en que se encontraba en ese momento el edificio, uno de los aspectos que hoy tienen gran interés histórico, como la propuesta que hacía para recuperar las zonas dañadas. En general son propuestas de conservación pero también en algunos casos de reconstrucción de dichas zonas dañadas, recuperando una imagen anterior, como el claustro de la Enfermería. Propone añadir elementos nuevos en zonas que quiere destacar, por ejemplo en la biblioteca, con una aproximación historicista y ecléctica, que le caracterizan como arquitecto del final del siglo XIX y principio del XX. Para proporcionar un ejemplo de lo indicado, en la memoria del proyecto, escrita con una cuidada caligrafía nos indica que: «Fachada Oeste, como se ve en el plano nº 10, es la que más ha sufrido en las distintas modificaciones que en el transcurso del tiempo se han producido en este edificio, consistiendo en su mayoría en el tabicado de huecos y apertura de otros nuevos de menores dimensiones, por consiguiente nuestra obra consiste en volver a



obras como se puede ver.
Fachada Oeste, como se ve en el plano nº 10. es la que mas ha sufrido en las distintas modificaciones que en el trascurso del tiempo se han producido en este edificio, consistiendo en su mayoria en el tabicado de huecos y apertura de otros nuevos de menores dimensiones, por consiguiente nuestra obra consiste en volver abrir dichos huecos, en regularizar los hoy existentes, y en consolidar las fabricas si en algunos sitios es necesario. Con lo dicho y el examen del referido plano se da uno perfecta idea de la obra en proyecto, siendo el complemento de toda ella el arreglo de sus cornisas.

Figura 3
Memoria, detalle de la página 5 (Laredo y Carranza 1917)

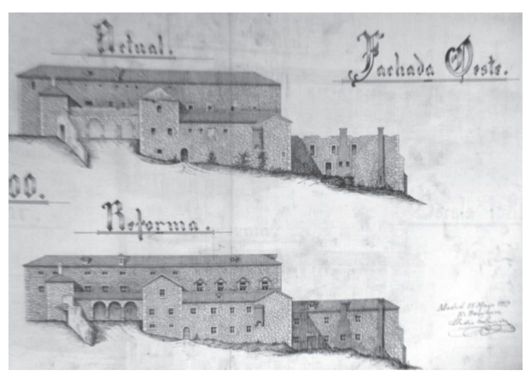


Figura 4.
«Fachada Oeste» (plano nº 10), 15 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

abrir dichos huecos, en regularizar los hoy existentes, y en consolidar las fábricas si en algunos sitios es necesario. Con lo dicho y el examen del referido plano se da uno perfecta idea de la obra en proyecto, siendo el complemento de toda ella el arreglo de sus cornisas». (Laredo y Carranza 1917, memoria 5)

En el mencionado plano nº 10, se detalla en alzado la «Fachada oeste», situando en la parte superior el alzado «Actual» y en la parte inferior la «Reforma» que propone. En la parte izquierda se aprecia el principal acceso al monasterio, a través de un portón en el cerramiento perimetral de la finca y tres arcos que habían sido cegados en el muro exterior del claustro de Portería (nº 2 en el plano de planta). En el alzado inferior se aprecia un pequeño tejadillo, añadido para proteger a los que esperan en el exterior de la puerta de acceso y un nuevo espacio porticado con tres arcos abiertos hacia el oeste. Se aprecia mejor en otra sección del proyecto las ideas aquí propuestas para mejorar la recepción de los visitantes al monasterio, creando una zona donde pudieran esperar en esta zona más alta de los jardines, con una buena vista del valle del Eresma, aunque no la misma que hoy en día ya que estaría parcialmente oculta por el claustro de Hospedería. En la zona central de ambos planos, se sitúa la fachada oeste de dicho claustro de Hospedería (nº 3 en el plano de planta): comparando las imágenes superior e inferior se entiende claramente la intervención claramente conservadora de lo existente y, en referencia a la composición de los huecos de fachada, la «regularización de los hoy existentes» que menciona en la memoria. Dado que este claustro se demolió en 1972, esta imagen nos recuerda como fue. También se aprecia en la parte derecha de ambas imágenes el mal estado en el que se encontraba el claustro de Enfermería (nº 5 en el plano de planta), en el que faltaba la cubierta que se propone reconstruir.

Las ideas para adecuar el acceso principal del monasterio, con el pequeño tejadillo exterior para proteger el portón exterior y el nuevo espacio porticado con tres arcos abiertos hacia el oeste en el claustro de Portería (nº2), se aprecian claramente en la denominada «Sección g-h» del proyecto: se abren los huecos cegados y se añade un nuevo pórtico en el lado oeste de este claustro, abierto actualmente hacia una magnífica vista de la ciudad a través de este punto elevado de los jardines.

Otras secciones del proyecto nos permiten apreciar mejor las características del terreno, con los distintos

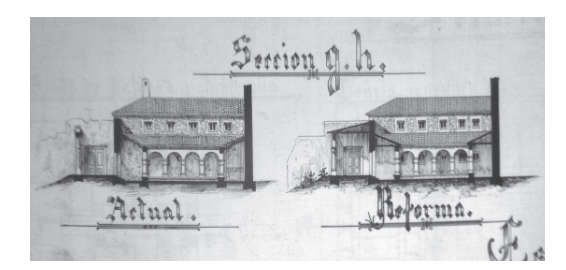


Figura 5
«Sección g-h» (Laredo y Carranza 1917)

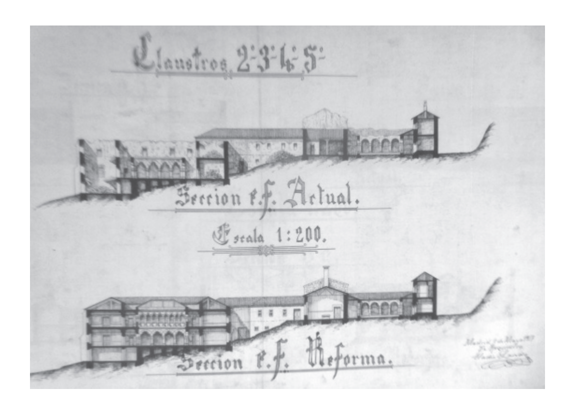


Figura 6
«Sección e-f» de los «Claustros 2º, 3º, 4º y 5º», 3 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)



Figura 7
Detalle de la sección de los claustros 2º, 3º, 4º y 5º; en la parte derecha, alzado-sección del claustro de portería (2º) y en la parte central, otro claustro o patio que figura identificado como 4º en el plano de planta (Laredo y Carranza 1917)

niveles escalonados hacia el río. Describen también los alzados de los patios, siendo un documento muy interesante para comprobar en qué estado se encontraban en esa fecha. La «Sección e-f» de los «Claustros 2º, 3º, 4º y 5º» del Proyecto de Eladio Laredo, 3 de mayo de 1917, es un alzado-sección en el que también se dibuja en la parte superior el estado «Actual» y en la parte inferior la «Reforma».

La parte derecha del plano nos proporciona información complementaria sobre el estado y la propuesta de intervención en el patio de Portería (nº 2). La parte central describe los espacios descubiertos intermedios, más patios de servicio que claustros, señalados en el plano de emplazamiento con el número 4. Este espacio absorbe el fuerte desnivel existente entre los claustros de Portería (nº 2) más alto y de Enfermería (nº5) con un nivel más bajo. En la propuesta se observa que prácticamente no se va a intervenir en el mayor de estos espacios, salvo para retirar lo que parece una acumulación de escombro en el dibujo superior y abrir una nueva puerta de acceso; pero sí se propone cubrir el situado en la parte más alta, lindando con el de portería, mediante cerchas de traza sencilla cuyo dibujo y cálculo mediante cremona aparecen en otro plano del proyecto.

La intervención más importante que se refleja en este plano es en el claustro de Enfermería (nº5), ya que se habían hundido las cubiertas y la galería superior. La propuesta que refleja el dibujo inferior propone reconstruir los alzados del claustro, tal como aparecen en la fotografía de J. Laurent (Laurent 1889, vol. 2).[12] El método de intervención que se emplea en este proyecto, tanto en esta parte como en otras del conjunto de edificios, está muy claro para el arquitecto: «La arquería del patio como queda un trozo en pie, no hay más que continuar dicha fábrica en las mismas condiciones que tienen las existentes». (Laredo y Carranza 1917, memoria 12)

La información sobre esta actuación en el claustro de la Enfermería (nº5) se completa con el detalle, en otro plano, de la «Sección l-n» (transversal, en dirección perpendicular a la anterior) del proyecto: en el dibujo de la izquierda «Actual», se ven también escombros y que la cubierta de la parte este del patio se había hundido y en la parte derecha, en la «Reforma», la reconstrucción de las cubiertas y las dos



Figura 8
Detalle de la sección de los claustros 2º, 3º, 4º y 5º; en la parte izquierda el alzado-sección del claustro de Enfermería (5º) y en la parte derecha otro patio que figura identificado como 4º en el plano de planta (Laredo y Carranza 1917)

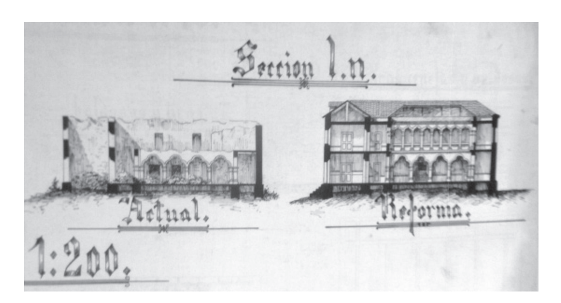


Figura 9
«Sección l-n» (Laredo y Carranza 1917)

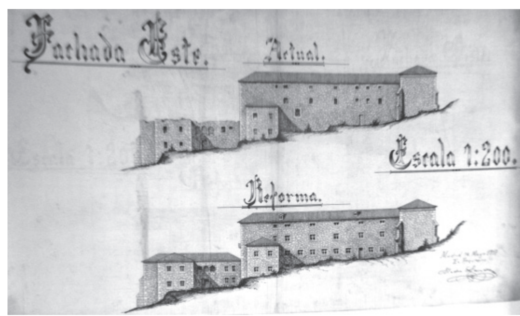


Figura 10
«Fachada Este» (plano nº12), 14 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

plantas de esta galería situada al este, así como la situada al oeste, a la que se abren las dependencias que rodean en todos sus lados menos en el este, este claustro.

También se aprecia esta reconstrucción de las cubiertas y galerías del claustro de la Enfermería (nº5) en el alzado de la «Fachada Este» (plano nº 12 del proyecto), con una regularización de los huecos que afectan tanto a este claustro como al principal (señalado con el nº 1 en el plano de emplazamiento).

La memoria va especificando para las distintas salas las intervenciones que se tienen que realizar. Bastantes de carácter mínimo con indicaciones como «Tiene un magnifico artesonado de barco que solo es preciso limpiarlo; sus muros solo necesitan blanqueo o picar con cuidado a ver si siguen apareciendo las pinturas que se han encontrado; solo queda ejecutar la carpintería de ventanas y puertas que ha desaparecido y colocar un piso de baldosa, alambrilla, tiras y azulejos y un zócalo de azulejos en las mismas condiciones» o para otra sala próxima de la anterior «Colocar un piso de baldosa y alambrilla y su zócalo correspondiente; siendo preciso guarnecer y blanquear sus muros y techos. La carpintería toda será nueva por no existir ninguna o estar en muy mal estado» (Laredo y Carranza 1917, memoria 9). Por ello, el proyecto incluye planos de detalles de pavimentos y de revestimientos de muros, con las tipologías mencionadas en la memoria combinando distintos elementos cerámicos y planos con detalles de la carpintería de puertas y ventanas.

Respecto a los nuevos elementos en zonas que el proyecto quiere destacar, se escribe en la memoria: «Fachada Sur, de la comparación de los dos estados, actual y reformado, como se indican en el plano nº 11, se ve que la única obra importante que es preciso ejecutar en ella es el ático o locha, en el cual por efecto de ser los machos muy pequeños y haberse hecho distintas reformas en ellos es peligroso el hacer obra, tanto constructivamente considerado como artísticamente» (Laredo y Carranza 1917, memoria 6).

Continuando en la fachada Sur: «Por lo cual nosotros proponemos la apertura de todos sus huecos que hoy se hallan tabicados y revocar todo el exterior con esgrafiados que son casi exclusivos de la región segoviana, como puede verse en el plano nº 14, fig. 19, 20 y 21. El resto de la fachada no tiene más labor que la apertura de los huecos en las otras dos plantas, como se indican en las fig. del 1 al 18» (Laredo y Carranza 1917, memoria 6).

Un poco más adelante en la memoria, añade algunos detalles más: «Biblioteca: Esta ocupa toda la

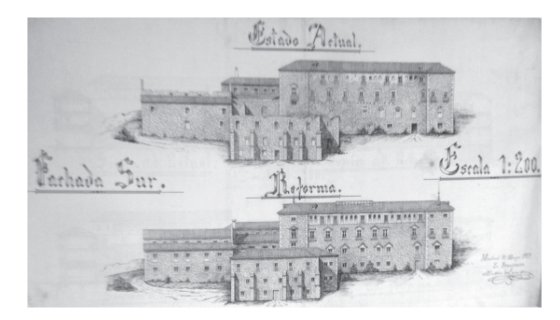


Figura 11
«Fachada Sur» (plano nº11), 11 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

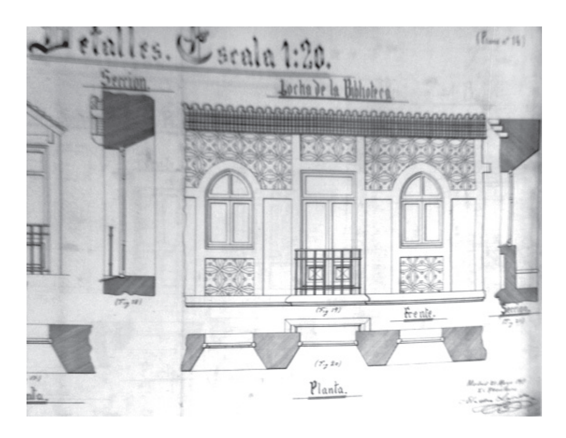


Figura 12
Detalle «Fig. 19, 20 y 21» (plano nº14), 20 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

crujía del S. y tiene un hermoso artesonado en el cual sus tres cuartas partes están en muy buen estado, el resto está tan roto que será preciso sustituirlo por cielo raso, pues quererlo restaurar costaría muchísimo no teniendo objeto pues es más sencillo cortar con tabique que deje una gran puerta, dividiendo en dos grandes habitaciones cada una con un techo distinto. Al tratar la fachada S. se dijo se abrirían todos los huecos de su característica locha con lo cual quedará esplendida de luz: con su artesonado y sus huecos» (Laredo y Carranza 1917, memoria 14).

El nuevo sistema para la biblioteca se refleja en uno de los planos con «Detalles», en el que aparecen distintos tipos de forjados, empleando tanto hormigón armado como vigas metálicas cubiertas por madera y el esquema de cargas de una cercha, fechado el 30 de mayo de 1917.

En este plano de detalle de forjado aparece en la parte inferior derecha, cerca de la firma, una tipología de forjado muy característica de la primera parte del siglo XX, constituida por perfiles metálicos y dos roscas de rasillas cerámicas, la primera de ellas con yeso y la segunda con morteros de mayor resistencia, en los que empezaba a emplearse el cemento. Nos indica la memoria que: «Planta principal: En esta es necesario hacer una gran obra: en primer lugar todos los pisos de la galería los cuales se ejecutaran con vigas de hierro, maderas y bovedillas, como indica la fig. 37. También es preciso construir de este mismo sistema toda la crujía que está derrumbada en su mayor parte; salvaremos los dos techos artesonados de

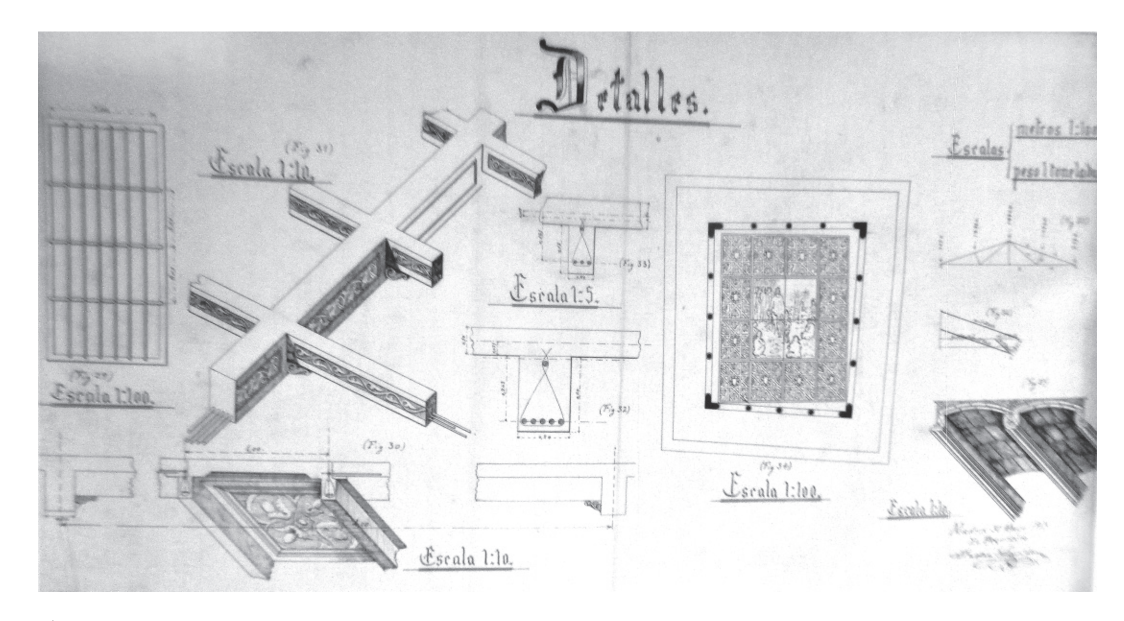


Figura 13
«Detalles» de distintos tipos de forjados y esquema de cargas de una cercha, 30 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

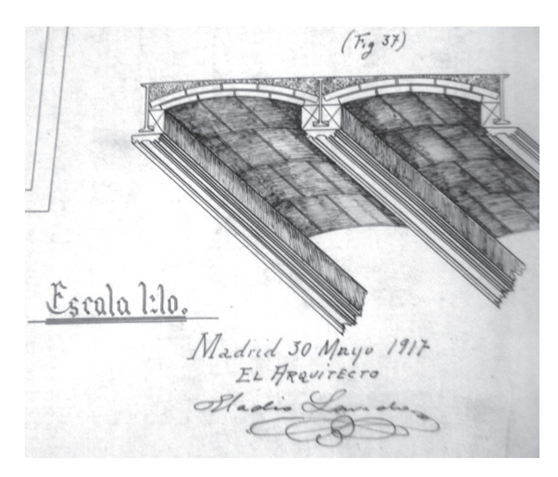


Figura 14
Detalle Fig. 37- Forjado con perfiles metálicos y rasilla cerámica, del Plano «Detalles», 30 de mayo de 1917 (Laredo y Carranza 1917)

la sala capitular y del salón de la esquina, los cuales se pueden atirantar con hierros, para que su aspecto sea el mismo. El del claustro aunque también es artístico, conservaremos el pequeño trozo que existe y el resto se ejecuta en sencillo como indica la referida figura, pues el hacer la talla que tiene el trozo indicado costaría mucho dinero» (Laredo y Carranza 1917, memoria 11-12).

Conclusiones

Aunque esta comunicación no permite dar mayor extensión a la descripción y valoración del Proyecto de 1917 de Eladio Laredo, se ha intentado facilitar una aproximación al mismo que proporcione una idea del trabajo realizado, un caso práctico localizado hace casi cien años, de lo que se conseguía mediante la enseñanza del dibujo, de la construcción y de los proyectos en nuestras escuelas de arquitectura, así como de los criterios de intervención en este tipo de edificios, con menos medios de los que hoy tenemos. Refleja un respeto por el edificio existente, una economía de medios, una compatibilidad de las propuestas de intervención y un nivel de detalle en la definición de las mismas que creo sería deseable aplicar también en la actualidad.



Figura 15
Fachada principal, Iglesia de Santa María de El Parral (Segovia). Detalle de la contraportada del Proyecto de Eladio Laredo (Laredo y Carranza 1917)

Notas

1. En este libro (Ordieres Díez 1995, 146) se vincula claramente al arquitecto con Benigno de la Vega-Inclán y Flaquer en varios proyectos anteriores, lo que le da una experiencia profesional en este campo.
2. Los datos sobre obras de este arquitecto son de la monografía citada (Ordieres Díez 1992, 17-18) y de archivos profesionales del arquitecto, conservados por su familia.
3. La publicación de Jerónimo López de Ayala aparece bajo su título de conde de Cedillo porque así está en el Boletín de la Real Academia de la Historia. (Cedillo 1911, 261)
4. La configuración de los elementos principales del conjunto edificado está basada fundamentalmente en datos de la publicación del Conde de Cedillo (Cedillo 1911, 261) y de las de José Antonio Ruiz Hernando (Ruiz Hernando 1990, 156-160 y Ruiz Hernando 1997, 391-403)
5. La publicación citada (Ordieres Díez 1995, Addenda I. 273 y 328) recoge en sus anexos información que subraya la importancia que determinadas medidas legislativas tuvieron en la destrucción del patrimonio español.
6. Esencial para conocer el estado del monasterio a principios del siglo XX, un ejemplar se conserva en la biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Madrid (Tello Giménez 1929, sec.5. 22-23). El libro está dividido en

varias secciones con las páginas sin numerar; en esta comunicación la paginación la indica su situación en dicha sección.

7. Los datos sobre algunas de las obras realizadas a finales del siglo XIX, se han obtenido de documentos de las publicaciones referidas. De Isabel Ordieres Díez (Ordieres Díez 1995): Apéndice Documental - Doc. 24 (11 febrero 1856; p. 252) y Doc. 27 (1881; p. 254 y 256. Completado con datos de Joaquín Tello Giménez (Tello Giménez 1929, sec.5. 24-27)
8. La publicación referida (Mateo, López-Yarto Elizalde y Ruiz Hernando 1997, 171) puede consultarse en su edición digital en www.cervantesvirtual.com (2015).
9. El libro (Ordieres Díez 1995, Addenda V. 461 y 471) incluye varios cuadros que resumen datos de los informes de la Real Academia de la Historia para la declaración de Monumentos Nacionales.
10. El libro (Tello Giménez 1929, sec. 4) incluye una cuarta parte denominada « La Restauración de la Orden de San Jerónimo en el Monasterio de Santa María de El Parral», que relata los actos con ocasión de la vuelta de los monjes jerónimos; la comunidad actual tiene una página (http://www3.planalfa.es/msmparral/parral/fondo.htm; 2015) que incluye información sobre estos sucesos.
11. Este proyecto es uno de los primeros del arquitecto, que se detalla en la publicación referida. (Avendaño Pereda, Pérez Martín y Flórez de la Colina 1998, 21-27)
12. En la fotografía publicada (Laurent 1889, vol. 2), aparece una parte del claustro tal como estaba antes de finalizar el siglo XIX, estado que podemos comparar con el de este plano de Eladio Laredo.

Lista de referencias

Avendaño Pereda. J.; J. L. J. Pérez Martín y M. A. Flórez de la Colina. 1998. «Métodos de cálculo de arcos y bóvedas basados en los tratados y su aplicación a la restauración: un ejemplo de finales del siglo pasado». En *Actas del II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Sociedad Española de Historia de la Construcción. 21-27.

Cedillo, Conde de. 1911. «El Ex Monasterio de El Parral, Segovia». *Boletín de la Real Academia de la Historia*, 59: 260-262.

Laredo y Carranza, Eladio. 1917. *Proyecto de Reforma del Monasterio de Santa María de El Parral Memoria y Planos*. Madrid: Archivos profesionales del arquitecto, conservados por su familia. (Fot. M.A. Flórez de la Colina)

Laurent, J. 1889. *España Artística y Monumental, 1816-1886*. Vol.2. Madrid: Viuda de Rodríguez, Campuzano impresor.

Mateo, I.; A. López-Yarto Elizalde y J. A. Ruiz Hernando. 1997. «El Monasterio de Santa María del Parral (Segovia)». *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 84: 153-182.

Ordieres Díez, Isabel. 1995. *Historia de la restauración monumental en España 1835-1836*. Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Ministerio de Cultura.

Ordieres Díez, Isabel. 1992. *Eladio Laredo: El historicismo nacionalista en la arquitectura*. Castro Urdiales: Ayuntamiento de Castro Urdiales.

Ruiz Hernando, José Antonio. 1990. «Santa María de El Parral». En *Monasterios de España*. Vol.3, 153-216. León: Everest.

Ruiz Hernando, José Antonio. 1997. *Los Monasterios Jerónimos Españoles*. Segovia: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Segovia, Obra Social y Cultural.

Tello Giménez, Joaquín. 1929. *Monasterio de Santa María de El Parral.* Madrid: Gráficas Ruiz Ferry.

El dominio del clima a través de la construcción tradicional. Trébedes y glorias de Castilla y León

Juana Font Arellano

El dominio del clima a través de la construcción tradicional

> A lo largo de la Historia, la relación entre el clima y la arquitectura ha sido siempre íntima, estableciéndose una dependencia de los materiales, las técnicas, los sistemas constructivos y el diseño de los edificios con el clima del lugar.
>
> La arquitectura popular representa la adecuación perfecta entre el clima,las necesidades humanas y la construcción sostenible, y por ello se podría decir que es la primigenia arquitectura bioclimática (Neila 2004, 13).

Las consideraciones que abren el texto de Neila en su análisis de la arquitectura bioclimática muestran la importancia que el clima tiene para el ser humano. Cuando éste debe buscar un cobijo donde preservar su existencia o en el momento en el que alza un edificio como hogar permanente, son varios los condicionantes que delimitan dónde puede conservar su vida, como la cercanía a un punto con agua y las temperaturas moderadas. Por ello los valles templados, próximos a los ríos, han sido los lugares favoritos donde se ha instalado el hombre desde el inicio de los tiempos.

Con el avance de los siglos el incremento de la población obligó a buscar otras áreas en las que establecerse, muchas con climas poco adecuados, lo que hizo necesario contrarrestar con los propios edificios las deficiencias ambientales, fueran éstas fruto del excesivo calor o de las temperaturas demasiado frías.

Fuentes literarias

La literatura proporciona frecuentes datos sobre la capacidad humana para controlar el clima de sus viviendas, como vemos en el relato que nos hace Cyrano de Bergerac al describir las casas que podían subir a la superficie del suelo o bien ocultarse bajo él según fuera la temperatura exterior (Bergerac 1657, 131).

Enterrar las viviendas ha sido una manera eficaz de mantenerlas con una temperatura constante, por ello otros autores citan la comodidad o la belleza de los lugares bajo tierra. Es el caso del minero John Ford al que Verne describe feliz habitando su casa subterránea o el de Aladino, de quien las *Las Mil y Una Noches* comentan su maravilloso jardín sepultado (Verne 1887, 13; Anónimo s.f., 581).

Mostrando cierto eco de las connotaciones desfavorables que para el mundo subterráneo mantienen los pueblos europeos, herederos de las culturas clásicas y de las creencias cristianas, que colocan bajo tierra el lugar del castigo y los sufrimientos, aparece la obra de Wells en la que los desgraciados *morloks* desarrollan su existencia en ciudades excavadas (Wells 1895, 76).

Muchos años antes ya conocían las virtudes de estas viviendas, labradas en la tierra por varias culturas, como los millones de chinos que socavan el blando *loess* para construir su hogar, los amerindios cuyas casa enterradas llamaron la atención de los descubridores europeos o las abundantes concentraciones de



Figura 1
Viviendas excavadas en Setenil de la Frontera (Cádiz, España)

viviendas-cueva, tan frecuentes en España (Gil Crespo *et al* 2009; Barbero, Gil y Maldonado 2014).



Constatar durante siglos la capacidad aislante de la tierra provoca que ésta se incorpore en proyectos recientes, como el edificio de oficinas que la UNESCO mantiene en París, que utiliza el enterramiento de los Pabellones para controlar su clima fácilmente (Houben y Guillaud 1989, 166).

También aprovechan este aislamiento las viviendas que Le Corbusier diseñó para Barcelona en los años 30 del siglo XX cuyas cubiertas planas eran de tierra y césped (Le Corbusier 1934, 29-31).

Más espectaculares que estas construcciones citadas, estáticas, son las rotatorias, capaces de girar alrededor de un eje para obtener en cada momento del día la máxima insolación.

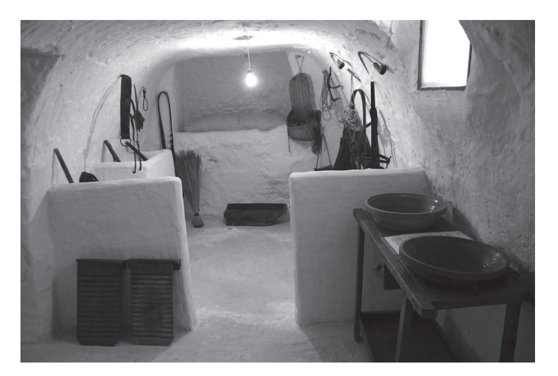


Figura 2
Comedor en un Silo de Villacañas (Toledo, España)

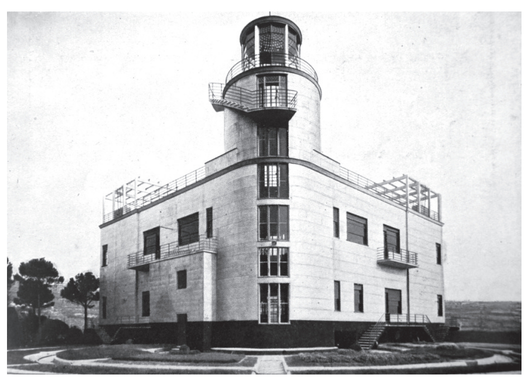


Figura 3
Villa Girasole

Es el caso tanto de los Hospitales giratorios franceses de Aix-les-Bains y de Vallauris como el de Jamnagar, en Gujerat, India, diseñados por J.Saidman entre 1929 y 1934. También rotaba Villa Girasole, alzada en Marcellise, cerca de Verona,desde 1930, proyectada por el ingeniero civil Angelo Invernizzi,el arquitecto Ottore Fagiuoli y el ingeniero Caracciolo.El edificio, movido por un motor de gasolina, giraba sobre un eje central durante 9 horas y 20 minutos para exponer, en ese espacio de tiempo, la parte habitada a la acción directa del calentamiento solar.

Además de estos recursos extraordinarios con los que captar luz y calor, hay otros muchos ofrecidos habitualmente por la arquitectura popular en grandes áreas de países cálidos que pretenden exactamente lo contrario, es decir, procuran enfriar las viviendas situadas en estas zonas más calientes. Por ello es frecuente encontrar en ellas la presencia de torres cazavientos, la realización de muros dobles en cuyo interior se coloca nieve o se hace circular aire frío forzado a pasar, en su salida, por tejidos humedecidos o se coloca un patio central provisto de plantas y fuentes que, al crear microcorrientes, estimula el desplazamiento del aire por las estancias, enfriándolas con su movimiento, todos ellos ingenios fijos que el hombre de las zonas calurosas utiliza para refrescar su hogar.

CLIMAS

El clima de cada lugar se forma con la interacción de distintos factores, variables o inmutables,destacando

entre estos últimos los relativos a la latitud, el relieve o la altitud del lugar.

El propio término ‘clima’, cuya etimología deriva del griego *klima*, es decir, inclinación, da perfecta cuenta de la importancia que ejerce la latitud, distancia angular entre el Ecuador y un punto determinado de la superficie terrestre,medido sobre el meridiano en el que el citado punto se encuentre. Efectivamente, la posición en una u otra latitud provoca que la incidencia de los rayos solares se produzca con una mayor o menor inclinación, factor decisivo a la hora de generar las distintas zonas climáticas, catalogadas por sus investigadores en ordenaciones muy diferentes.

Aunque hay numerosas descripciones del clima,como las propuestas por Köppen o Miller, destaca la utilidad de la clasificación realizada en 1951 por Arthur N. Strahler, quien considera sólo tres grupos, entre los que está el clima mediterráneo, correspondiente a las latitudes medias alojadas entre los paralelos 30º-45º N y 30º-45º S. (Neila 2004, 17-22).

Enclavada en la posición norte de estas cotas se sitúa la zona geográfica albergada en el centro de la Península Ibérica, Castilla y León, marco de nuestro estudio, cuyas variaciones de temperatura son muy acusadas tanto a lo largo del año como en el transcurrir de cada día.

Además de la latitud mencionada, en la Meseta norte española son factores decisivos tanto la continentalidad de la zona, alejada de las masas marinas que atemperan los cambios de temperatura como la notable altura sobre el nivel del mar, que también contribuye a producir las grandes diferencias, ya comentadas.

De su reflejo en los tipos edificados se hacen eco numerosos estudios, varios de ellos en la inmediata postguerra española, como el realizado por encargo de la Dirección General de Arquitectura para analizar la influencia del medio en los edificios de cada zona (Hernández Pacheco 1941, 47).

Rasgos constructivos

En el primer tercio del siglo XX se difundieron habitualmente en las publicaciones para arquitectos los diagramas que estudian las trayectorias e inclinaciones de los rayos solares en solsticios y equinoccios, como los realizados por el Dr. Fonsaré, reproducidos por el

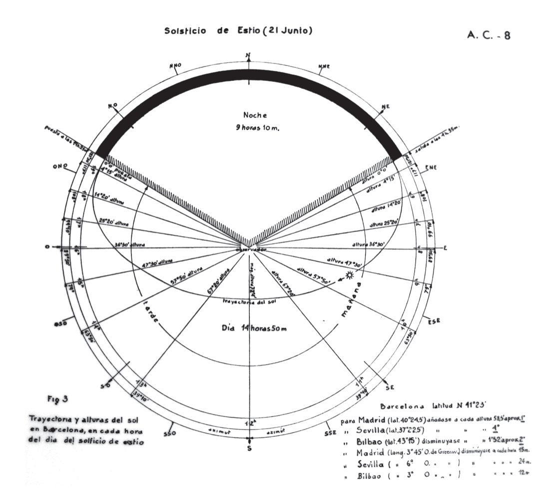


Figura 4
Diagrama sobre la incidencia diaria del sol durante el solsticio de verano (Fonsaré 1932)

GATEPAC en su revista,con objeto de difundir las ventajas higiénicas y psicológicas que la luz del sol produce en la vida del hombre (Fonsaré 1932, 36).

Este asunto y su control eran bien conocidos por los anónimos constructores de todas las culturas, que siempre han tratado de incrementar, o de mitigar, el soleamiento de sus viviendas desde tiempos inmemoriales.

Por ello es habitual encontrar en las arquitecturas de las zonas cuyas temperaturas son muy variables, la presencia de elementos móviles que han sido calificados de flexibles por la facilidad con la que pueden ser utilizados, como esterones, contraventanas o espacios intermedios entre el interior y el exterior de la vivienda, con los que se contrarresta el exceso de calor o el intenso frío interponiendo entre el hogar y su entorno estos dispositivos.

Además, como en todas las arquitecturas tradicionales, es evidente la atención con la que se prevén la orientación del edificio y la posición exacta de sus vanos, cuyo tamaño se precisa cuidadosamente dado que la mayor parte del año la Meseta estará sometida a fríos intensos sucedidos, casi repentinamente, por los fuertes calores veraniegos.

El grueso del muro y su acabado es otro factor importante en el área central de Castilla y León donde si bien abunda la construcción de tapia y adobe tampoco es infrecuente la realizada con piedra, muchas

veces combinada con tierra en la planta alta, donde habitualmente existe una cámara para almacenar el heno o la paja, cuyo papel aislante contribuye decisivamente a conservar la temperatura adecuada en el interior de la vivienda.

Sistemas fijos para controlar el clima

La presencia del hombre en estas comarcas, poco arboladas, es antiquísma. La economía agrícola se refleja en los variados edificios cuya presencia salpica las vastas extensiones onduladas de arcilla, científicamente denominadas campiñas*,* en las que realizan sus cultivos.

La ya citada carencia de árboles, las prolongadas sequías producidas por la corona circular de montañas que impide el paso de las lluvias hacia esta región y lo extremo de su clima hacen que los cultivos se limiten a pocas especies.

El viñedo, bien arraigado en varias zonas, se vio atacado por la filoxera en los últimos años del siglo XIX, desapareciendo casi totalmente en enormes áreas, aunque todavía es frecuente encontrar, bajo las cubiertas de las viviendas, los tejidos de sarmientos que soportaban la capa de barro sobre la que asentaban las tejas.

Los cereales eran óptimos para este suelo y su cultivo procuraba, en los largos descansos agrícolas, el tiempo necesario para elaborar los materiales adecuados con los que levantar edificios.

Sin embargo resultaba preciso neutralizar tanto el frío intenso como los calores notables de este clima si se pretendía habitar en los núcleos de la Meseta.

Para ello se procuró calentar o enfriar el interior de las viviendas con sistemas que proporcionaran calefacción o ventilación, según la temperatura exterior, presentes en la zona desde la etapa romana, tal como muestran los *hypocausta* de las magníficas villas romanas de Dueñas, La Olmeda y Quintanilla de la Cueza,las tres en Palencia (Font 2014, 14)

Siglos después, un rudimentario artificio que recuerda algo al *ondol* con el que calientan sus casas en Corea, será el que valiéndose de un horno y perforaciones realizadas en el suelo, caldee éste, por debajo, en el templo mozárabe del siglo X, en La Granja de Retortillo, Burgos, cuyo aspecto muestra la monografía sobre este conjunto (Carretón 2006, 39).

También mantenía instalaciones de este tipo el Palacio que Pedro I construyó en la villa palentina de Astudillo en el siglo XIV según mostraron las exca-



Figura 5
Hypocaustum. Musée Site du Pont-du-Gard



Figura 6
Retortillo. Canalizaciones de calor bajo el pavimento de la iglesia

vaciones realizadas en el mismo por Miguel Ángel García Guinea, Javier Cortes Álvarez de Miranda y Pedro Lavado Paradinas.

Glorias

Aunque se dan también en otras zonas españolas de inviernos muy fríos, como Aragón, englobado por Hernández Pacheco en el mismo tipo de clima que Castilla y León, su innegable adscripción a la zona castellano-leonesa hace que sean un rasgo específico de esta región.

Por ello las han descrito varios autores, interesados en difundir este peculiar, económico y sabio sistema de calentar o enfriar las casas de la Meseta, aunque sus comentarios no siempre son exactos y consideren glorias instalaciones que no lo son, seguramente porque el abandono de estos recursos, muy pronunciado desde el primer tercio del sigo XX, hace que desde entonces se consigne erróneamente hasta su origen incluso por parte de brillantes literatos, como Gómez de la Serna, quien describiendo una vivienda de la zona, las adjudica a quienes considera inventores del sistema,los musulmanes españoles: «la casa estaba recalentada por el sorprendente procedimiento que venía de los moros, de tener paja encendida en un espacio hueco debajo de las habitaciones» (Gómez de la Serna 1948, 108).

En 1782 Gaspar Melchor de Jovellanos, en su primera carta a D. Antonio Ponz, analiza la *gloria* diseñada para calentar amplios espacios y consigna que sirve también para cocinar, aunque realmente, como veremos luego, este uso, que se da ocasionalmente a la llamada gloria corta, suele relegarse a otro tipo de instalaciones, las trébedes, comunes en las economías menos acomodadas.

Después de examinar cómo son los silos y las paneras castellanas y de comentar la escasez del arbolado en esta zona, expone Jovellano las características de la gloria, especifica que el material empleado para ser quemado en ella suele ser la paja y se admira de la agradable temperatura conseguida, mucho más grata según él que la obtenida por el uso de las chimeneas burguesas. Termina su análisis consignando que así «el país más frío de España y más falto de combustibles ha llegado a perfeccionar el abrigo de sus habitaciones hasta donde no lo han conseguido los más abundantes y delicados de Europa» (Jovellanos 1782, 275).

Será el arquitecto Torres Balbás quien en 1946 se ocupe de citarlas considerándolas parte fundamental de la herencia romana en España.

Aunque como hemos visto hay quien las cree de raíz islámica, el hecho es que los romanos ya las tomaron de Grecia y sus colonias. Por ello atribuir la supuesta invención de estas instalaciones a quien el gaditano Columela apoda Orata por su afición a los pescados llamados doradas, el ingeniero del siglo I a.C. Lucio, según Cicerón o Cayo, según Plinio, Sergio Aurata (Orata) no es posible más que como perfeccionador de lo previo o para usar el sistema con algún fin diferente, en este caso parece que para caldear el agua y los muros de los baños, no el pavimento.

Constata D. Leopolodo que también existen las glorias en el occidente de Burgos y el norte de León, fuera, pues, de Tierra de Campos, área cuyos modelos cree los ejemplos más conseguidos de este ingenioso artificio, aunque, como hiciera Jovellanos, no diferencia los dos tipos ni éstos de la trébede incluso cuando expone sus características, distintas.

Después de comprobar que la zona carece de arbolado con el que acopiar madera «para calentarse en los largos inviernos de intensas heladas» continúa: «pero los sembrados de cereales que cubren toda la comarca proporcionan un combustible, la paja,que

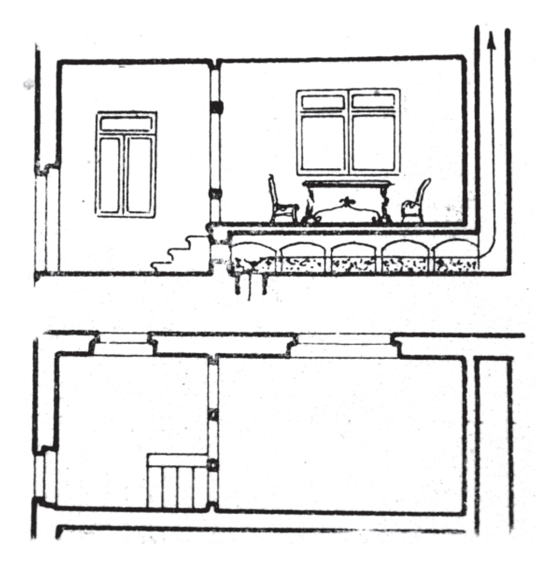


Figura 7
Planta y sección de una gloria, según Torres Balbás

quemada en condiciones especiales, atenúa los rigores del frío en el interior de los hogares, utilizándose incluso para preparar la comida. Quémanse en las llamadas Glorias de Castilla, de antiquísma tradición, cuya derivación de los hypocaustos romanos no puede ser más lógica».

Explica cómo están realizadas: «consiste la gloria en un banco o plataforma de fábrica, elevado un metro aproximadamente sobre el piso de la habitación en que está,al que se sube por una escalerilla, y ocupa una mitad de la estancia o toda su área,

En el primer caso, en el escalón que forma está el hogar, en el segundo éste se abre en la habitación inmediata». Vemos pues que considera similares, a efectos de calentar el paviemento, la gloria corta, que sólo ocupa parcialmente la pieza habitable, y la común, que la ocupa por entero y coloca su boca fuera de la estancia.

Dice después que del hogar parte un conducto recto que, bajo el piso de la gloria, cruza hasta el humero o chimenea situada en el otro extremo, siempre vaciada en el muro, algo que con frecuencia no se da, según veremos luego.

Consigna que los conductos se construyen con adobes y que el piso o cara horizontal externa se realiza con baldosas.

Explica luego cómo ha de encenderse: «llámase enrojar a la operación de encenderla y consiste en meter en el hueco del hogar un buen saco de paja de trigo o de legumbres secas y después encender una pequeña porción en la boca, ir arrojando el resto a puñados bien esparcidos, como sembrando, sobre la paja encendida, de tal modo consíguese quemarla toda sin que se consuma, formando un gran brasero que dura muchas horas ... El primer día que se enciende llega muy poco calor a las baldosas pero a los pocos de repetir esta operación todo el suelo se calienta y conserva el calor admirablemente».

Vuelve a considerar una sola cosa a trébedes y glorias cuando dice que puede estar en la cocina, guisándose entonces en su boca. Que, a los lados, suele llevar pequeños huecos como alacenillas y sirve de lugar donde «poner encima las colchonetas para dormir». Aunque comprueba que «en las casas burguesas va bajo las habitaciones de respeto ... y es allí donde transcurre la vida de familia durante el invierno». Además comenta que la gloria «en verano es fresca: hay bajo los pies una corriente de aire muy activa» (Torres Balbás 1933, 386).

Fernando García Mercadal las cita, como de pasada, en su obra La casa popular en España recogiendo uno de sus rasgos típicos, su economía, cuando dice «se utiliza la paja, único combustible que proporciona el suelo de la región» lo que no es exacto pero muestra bien la precariedad de medios con los que cuentan grandes áreas de la Meseta.También considera que las viviendas populares la colocan en la cocina y las más acomodadas bajo cuartos de estar y comedores (García Mercadal 1930, 77).

Años después perdura el texto de Torres Balbás sobre este asunto en el redactado por María Pía Timón para el nº14 de la Revista *Narria*, escrito en 1979, donde en su primera parte se copian incluso alguno de los dibujos usados por D. Leopoldo aunque añade algunas observaciones como la existencia de glorias sin canales bajo ellas, apoyando la plataforma superior sobre simples pilares, tal como hacen los *hypocausta*. Compara éstos con las glorias en la segunda mitad del artículo, aportando conclusiones interesantes.

Señala que el *praefernium* romano forma una cámara similar a la de *enroje* castellana, que en los dos casos los canales se iniciaban frente a la boca de encendido, que ambas instalaciones calentaban el pavimento colocado sobre ellas y que éste podía ir bien sobre pilares de adobe o ladrillo,habituales en Castilla,o bien realizados con mampostería y muy frecuentemente ligados entre sí mediante arcos, comunes también en los edificios romanos de la zona, tal como se ven en la villa Possidonica de Dueñas (Revilla 1964, 5).

Añade Timón otros dos rasgos típicos de los *hypocausta*, la presencia de una potente *supensurae*, formada por la gruesa capa de cemento colocada sobre grandes ladrillos que apoyaban sus ángulos exteriores en cuatro pilares y el uso de tubos cerámicos, a veces formados por simples tejas que partían de la citada *suspensurae*,con los que llevaban el aire caliente también por los muros de baños privados y termas públicas, diferentes de los usados en las casas donde para evacuar el humo se usaban conductos de *tegula mammatae*. Además diferencia netamente las glorias de las trébedes que luego examinaremos (Timón 1979, 7-10).

La Guía de arquitectura española que publica en Ministerio de Obras Públicas consigna la existencia de glorias siguiendo también la descripción de Torres Balbás (VVAA, 64).

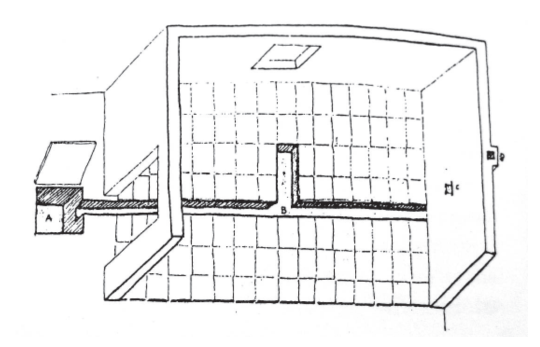


Figura 8
Gloria (Sánchez del Barrio 1987, 49)

Antonio Sánchez del Barrio las describe un año después en su estudio sobre la vivienda tradicional en el que incluye un par de dibujos que muestran claramente cómo es una gloria común, con su boca de encendido fuera de la estancia que calienta y de qué modo pueden disponerse las chimeneas en el muro,muchas veces al exterior de éste, con sus chapas cortafuegos.Consigna además algo que, aunque obvio, no reseñan otros autores, que en las casa de varias plantas sólo puede disfrutarse en el piso más bajo y que los conductos secundarios por los que circula el aire caldeado pueden extenderse bajo más de una estancia (Sánchez del Barrio 1987, 48).

En fechas más recientes es el arquitecto Olcese quien en su Tesis doctoral analiza tanto las glorias como las trébedes que examinaremos luego.Muestra dibujos propios y de otros autores entre los que se encuentra el de un hipocausto romano tomado de la revista francesa *Revue Générale de l'architecture et des travaux publics*, de 1844, 5º volumen y los mostrados en el citado texto de Antonio Sánchez del Barrio (Olcese 1993, 54).

Construcción de las glorias

Para realizar cualquiera de los dos tipos de gloria, ensayada ya, como sabemos, en forma de *hypocaustum* por los pobladores romanos de la zona, es preciso tener presente lo que citaba Torres Balbás: levantar el pavimento de la sala donde quiera instalarse apoyándolo sobre unos pilares de adobe o ladrillo, cuya altura sea de unos 40-50 centímetros, con objeto de obtener unos espacios vacíos que permitan el caldeamiento desde debajo.

La distribución del humo caliente obtenido por la combustión de las vainas de legumbres, de los sarmientos y sobre todo de la paja, se efectúa a través de estos espacios, tres generalmente, que discurren bajo el pavimento elevado. Son los puentes o canales, cuyo alzado puede ser rectangular o abovedado. El canal central o puente mayor va derecho desde la boca donde se inicia la combustión a la chimenea que desaloja el humo de ésta. Los otros dos canales, que desembocan en el central, curvan su trazado en los ángulos de la habitación, cuyos laterales recorren, para no entorpecer la salida de los gases. Éstos salen por el humero, con frecuencia empotrado en la pared con objeto de calentarla, antes de salir por la citada chimenea de evacuación, aunque hay frecuentes casos en los que recorre el exterior del muro, como muestra la citada obra de Sánchez del Barrio.

Una de las variantes de estas glorias, la corta,que puede funcionar también como una chimenea francesa, coloca la boca de enroje dentro de la habitación que pretende calentar, tal como cuenta Jovellanos y muestra la fotografía. Si no se usa leña, como en ésta, la paja se dispone apretada y tanto el tiro como la puertecilla que cierra la cavidad donde se inicia el fuego, quedan casi cerradas para que la combustión, muy lenta, garantice durante horas el caldeo de la habitación.

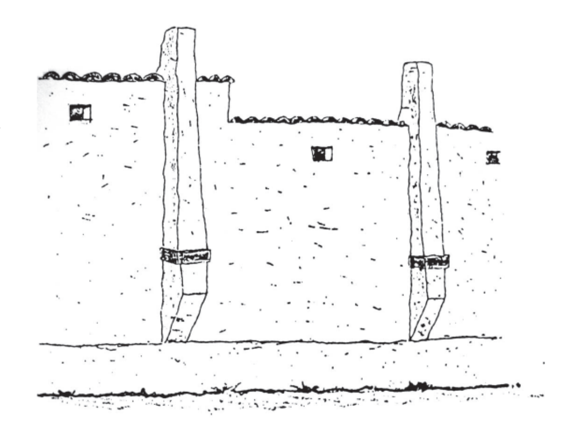


Figura 9
Chimeneas exteriores de las glorias (Sánchez del Barrio 1987, 49)



Figura 10
Gloria corta en Amayuelas de Abajo

La posibilidad de realizar guisos en su entrada se suele relegar a la trébede, quedando el horno, frecuentemente exterior, y la popular hornacha para realizar asados en la cercana cocina de invierno de las casas acomodadas.

La otra variante o gloria común, mantiene la boca de encendido fuera de la habitación e incluso del edificio,situándola entonces generalmente en el corral, sirviendo el calor de la combustión sólo para calentar las habitaciones principales bajo cuyo pavimento se construya.

Por lo económico de su uso, ya que sólo necesitaba como combustible los restos de las cosechas, se retomó su empleo durante la dura etapa de la postguerra para muchos edificios rurales,entre ellos varias Escuelas levantadas en la provincia de Palencia, que caldeaban las aulas con un sistema simplificado de gloria.

ESCUELA MIXTA "MINIMA" PARA PROVINCIA DE PALENCIA

Planta
Alzado
Planta de cimientos
Planta de cubierta

Figura 11
Prototipo de Escuela rural mínima, con el encendido de la gloria fuera del aula. Proyecto de A. Font de Bedoya

TRÉBEDE

Las casas más humildes no solían contar con el auxilio de la gloria para contrarrestar las heladas temperaturas invernales. Sin embargo, disponían de otro ingenioso artificio,la trébede, cuyo nombre deriva del trípode usado para calzar las ollas en el fuego, que muchas veces son casi esféricas. Mº Pía Timón la considera «un banco hueco», derivado de la gloria (Timón 1979, 9).

Más económica que ésta, servía para cocinar en los meses fríos y también para procurar un pequeño espacio caliente donde sentarse e incluso colocar los colchones a las horas del descanso, como consigna Torres Balbás.

Al realizar una trébede también es preciso elevar el pavimento unos 50 centimetros, en un área de aproximadamente 3 metros de largo, es decir, el ancho de la habitación, por unos dos metros de profundidad.

El pequeño tabiquillo que cierra esta elevación, emplazada siempre entre tres paredes,lleva en su parte central una boca, con frecuencia semicircular aunque no siempre, lo suficientemente grande para permitir la colocación de la paja, muy apretada, y de las ollas necesarias para cocinar.

Iniciada la combustión, se procuraba que ésta fuera tan lenta que durara toda la jornada. Llegada la no-

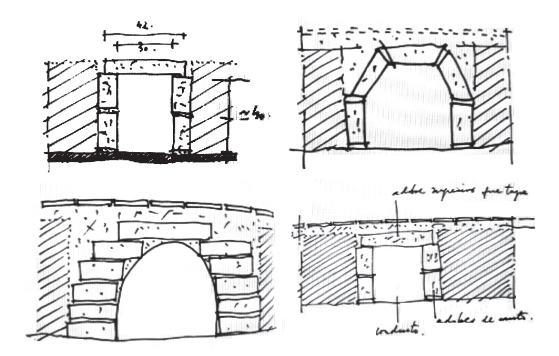


Figura 12
Bocas de trébede (Olcese 1993, 116-117)

che se colocaban encima los colchones para acostarse sobre esta zona que, como la gloria, permanecía caliente muchas horas gracias a la gran masa construida para ambas soluciones.

Este mismo sistema de calentamiento es utilizado hoy en varias zonas de Corea, Rusia y Alaska, además de en amplias áreas de China donde constituyen los *kang*,lechos calientes formados por adobes o ladrillos habituales desde el siglo I (Bodolec 2011, 114).

Muchos años atrás, en 1880, ya recordó Eça de Queiroz en su novela *O Mandarim* que los habitantes del extremo oriente acostumbran a pasar la noche sobre estas cálidas plataformas con las que contrarrestan el durísmo invierno gracias al área caliente junto a la que pasan su jornada (Eça de Queiroz 1880, 158).

Más moderna es la actualización de este aprovechamiento pasivo en el Brittlebush que ha diseñado Simon de Agüero para los alojamientos de estudiantes en la Taliesin West Campus,de Arizona, una de las dos Escuelas de arquitectura que fundara Frank Lloyd Wright, quien, como sabemos, se interesó vivamente por los sistemas orientales de calentamiento tras su viaje a Japón de 1905 y los llevó a la práctica en su primera casa Usoniana, la Herbert Jacobs House, de 1937. En esta versión actualizada de Taliesin, la cama del pensionado se dispone sobre la chimenea que caldea la estancia durante el día.

Es un aprovechamiento del calor similar al que realizan, desde siglos atrás, muchos grupos humanos, como el pueblo lapón, que en sus viviendas cónicas de tepes y abedul dispone un gran hogar central realizado con tierra, cuya inercia lo mantiene caliente toda la noche, junto al que se alinean los lechos de sus moradores.



Figura 13
Taliesin (www.taliesin.edu.shelters)



Figura 14
Trébede tradicional, en desuso. La boca de encendido, dentro de la habitación, se encuentra cubierta con una chapa metálica

Regresando a nuestra patria observamos que estas instalaciones permiten también, como hemos visto, refrescar las viviendas cuando el calor es excesivo durante los meses de verano pues la apertura de los tiros y chimeneas con los que cuentan glorias y trébedes, logra que el aire circule bajo los pavimentos enfriándolos, contribuyendo con ello a neutralizar la temperatura exterior.

Lista de referencias

Anónimo. [s.f.] 1967. *Las Mil y Una Noches*, relato Setecientos Uno. Madrid: EDAF.

Anónimo. s.f. (¿1922?). «La villa giratoria de Marcellise, prodigio de ingeniería y curiosidad arquitectónica». *Estilo* 4: 167-172. Madrid: Inchausti.

Barbero Barrera, María del Mar, Ignacio Javier Gil Crespo y Luis Maldonado Ramos. 2014. «Historical development and environment adaptation of the traditional cavedellings in Tajuña's valley, Madrid, Spain». *Building and Environment* 82: 536-545.

Bergerac, C. [1657] 1987. *Los Estados e Imperios de la Luna*. Madrid: Anaya.

Bodolec, C. 2011. «La brique crue moulée en Chine: panorama historique et usages contemporaines». En *Les cultures constructives de la brique crue. Echanges transdisciplinaires sur les constructions en brique crue*, vol.3, Montpellier, Éditions de L´Esperou, 144.

Carretón, E. 2006. *Retortillo, un señorío monástico en tierras burgalesas*. Madrid: Abadía de la Santa Cruz.

Eça de Queiroz, J. M. [1880] 1990. *El mandarín*. Madrid: Cátedra.

Font Arellano, J. 2014. «Trébedes y glorias en Tierra de Campos». *Al Socayo* 7. Palencia: Universidad Popular.

Fonsaré, 1932. Soleamiento de las construcciones. *Revista A.C.* 8: 36-39.

García Mercadal, F. 1930. *La casa popular en España*. Madrid: Espasa Calpe.

Gil Crespo, Ignacio Javier, María del Mar Barbero Barrera, Luis Maldonado Ramos y Javier de Cárdenas y Chávarri. 2009. «La arquitectura popular excavada: técnicas constructivas y mecanismos bioclimáticos (el caso de las casas-cueva del valle del Tajuña en Madrid)». En Huerta, Santiago, Rafael Marín, Rafael Soler y Arturo Zaragozá. *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Gómez de la Serna. R. 1948. *Automoribundia*. Madrid: Guadarrama.

Hernández Pacheco, F. 1941. «Las regiones climáticas de España en relación con la construcción rural». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica Española de Historia Natural* 39: 47-65.

Houben, H., Guillaud, H. 1989. *Traité de Construction en terre*. Montpellier: Parenthèse.

Jovellanos, G. M. [1782] 1859. «Carta Primera». En *Obras publicadas e inéditas*, t. 2, vol. 50. Madrid: Ribadeneyra.

Le Corbusier y Jeanneret, P. 1934. «Estudio de viviendas mínimas para Barcelona». *Revista A.C.* 13: 29-31.

Neila González, F. J. 2004. *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla Leiría.

Olcese Segarra, M. 1993. *Arquitecturas de tierra: tapial y adobe*. Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos.

Revilla Vielva, R. 1964. *Excavaciones en la Villa Romana del «Cercado de San Isidro».* Campaña de 1963. Madrid: Servicio Nacional de Excavaciones Arqueológicas. Cuaderno nº 33: 5-10.

Sánchez del Barrio, A. 1987. *Arquitectura Popular.* Valladolid: Diputación de Valladolid.

Timón Tiemblo, M. P. 1979. «Las Glorias. Derivación de los Hipocautos romanos». *Narria* 14: 7-10. Madrid: Universidad Autónoma Madrid.

Torres Balbás, L. 1933. «La vivienda popular en España». En *Folklore y costumbres de España*, t. 3. Barcelona: Editorial de Alberto Martín.

VVAA. 1986. *Guía de la Arquitectura Popular en España*. Revista nº 334. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Verne. J. [1877] 1919. *Las Indias Negras.* Madrid: Saturnino Calleja.

Wells, G. H. [1895] 1988. *La máquina del tiempo*. Barcelona: Orbis.

Tecnología y sostenibilidad en la ingeniería española de la Ilustración: el Canal de Castilla

Noelia Frechilla Alonso
Mª Almudena Frechilla Alonso

Tal y como afirma Terán (1988), «era forzoso que la mejora de los desplazamientos, los transportes y las comunicaciones recibiesen especial atención en un proyecto de modernización y de revitalización económica como el que se trató de poner en marcha, vehementemente unas veces, parsimoniosamente otras, en la España de la Ilustración». Apunta el mismo autor que resulta lógico, por tanto, que la navegación interior –junto con la construcción del sistema de carreteras– configurase una parte esencial del plan para logar alcanzar este objetivo.

En este contexto, el Canal de Castilla se erigió como una de las más ambiciosas obras hidráulicas incluidas en la estrategia de renovación económica impulsada por el Despotismo hispano. Mediante la apertura de esta nueva vía de transporte fluvial –que enlazaría el camino de Reinosa con el puerto de Guadarrama configurando un proyecto de comunicación global– no sólo se pretendió superar la incomunicación física causada por la abrupta orografía y la limitada red de vías que atravesaba la franja más septentrional de la península, sino también el aislamiento político derivado del afianzamiento de la Corona Portuguesa, que obstaculizó la posibilidad de hacer de Oporto el puerto de Castilla a través del Duero.

El objetivo fundamentalmente comercial de dar salida al vino, la lana y el cereal producidos en la meseta castellano-leonesa –no en vano era conocida como el «granero de España»– se implementó con la posibilidad de abastecer de agua y riego a las poblaciones ribereñas, aportando mayores contraprestaciones de las inicialmente previstas.

Para llevar a cabo tan titánica infraestructura, el marqués de la Ensenada –ilustrado impulsor del proyecto– encargó al matemático y marino Antonio Ulloa el estudio preliminar de actuaciones similares llevadas a cabo en otros países. Resultó lógico que se buscase asesoramiento extranjero, habida cuenta de la inexistencia de precedentes de una obra de tal envergadura en nuestro país. El éxito logrado con la construcción de los grandes canales franceses, durante los siglos XVI y XVII, centró la atención del español, quien reclutó al ingeniero militar Carlos Lemaur –formado en la escuela gala– para acreditar la viabilidad de la intervención. El Canal de Languedoc o de Midi –realizado entre 1666 y 1681 por Pierre-Paul Riquet bajo la política de Luis XIV – fue el proyecto de referencia para la experiencia castellana, haciendo suyas gran parte de las soluciones técnicas y constructivas que lograron hacer navegable su cauce.

Tras casi un siglo de intermitente y compleja construcción, la crisis económica surgida apenas una década después de su conclusión, y la pérdida de competitividad frente al ferrocarril, como vía de transporte de mercancías, dio al traste con su principal aspiración primitiva, manteniendo su función como acequia de riego y reconduciendo su utilidad hacia la explotación industrial.

La comunicación centra su atención en el análisis de la tecnología que hizo posible la realización de tan excepcional proyecto, haciendo hincapié en los siste-

mas ingenieriles que logaron la continuidad de su trazado. Para completar la perspectiva se incluye un apartado acerca de las instalaciones y construcciones fabriles que proliferaron a lo largo de sus 207 kilómetros de recorrido, aprovechando la energía producida en sus saltos de agua.

Antecedentes de la navegación interior en Castilla

Conviene subrayar que ya durante los siglos XVI y XVII, el cabotaje interior había generado en nuestro país gran interés, logrando considerables avances en ingeniería hidráulica, tal y como recoge el tratado «Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas» atribuido a Juanelo Turriano. De hecho, los primeros antecedentes del proyecto de navegabilidad castellano se remontan al reinado de Fernando «el Católico», quien, mediante Real Provisión fechada el 10 de octubre de 1509, permitió al Ayuntamiento de Valladolid recaudar 1500 ducados «con el objetivo de indemnizar a los dueños de las pesqueras del Pisuerga por los perjuicios que se les ocasionaría con las obras que se iban a emprender para hacer navegable dicho río» (Helguera 1990, 14).

Sin embargo, no fue hasta la regencia de Maximiliano de Austria, entre 1548 y 1550, y bajo su auspicio, cuando vieron la luz dos significativos planteamientos que aportaron soluciones meridianamente diferentes al problema de comunicación de la meseta con el mar.

Por un lado, un equipo de ingenieros alemanes –formado por Cristóbal Faistuçer, Maestre Leonardo y un tercer operario compañero de éste último– llamados a la Corte por el regente, expusieron la factibilidad de llevar a cabo la navegación a través del propio cauce del Pisuerga –impensable hasta entonces debido a las fuertes pendientes y al caudal irregular del río– mediante la construcción de un sistema de esclusas no visto hasta el momento en España. La relación de la expedición germana y sus conclusiones ha sido recogida y expuesta por Cano de Gardoqui (1992; 2012).

Radicalmente opuesta fue la opinión del visitador real Bustamante Herrera quien, tras descartar la navegabilidad del río vallisoletano, propuso un tridente de canales navegables y de riego paralelos a la rivera, con confluencia en la capital castellana, de cuyo estudio se ha ocupado Helguera (1983). El autor destaca su valor como proyecto pionero, a pesar de las importantes deficiencias técnicas motivadas por su prematuro planteamiento.

Etapas en la construcción del Canal de Castilla.

Tras varias fallidas tentativas, y una vez firmada la Paz de Aquisgrán en 1748 que ponía fin al conflicto con Inglaterra, Fernando VI retomó el ambicioso proyecto de comunicar Castilla con el mar en aras de promover el desarrollo económico del país, como tan insistentemente exigían en sus textos ilustres personajes como Feijoó, Campomanes y Jovellanos, entre otros.

Entre 1753, año en que se comenzaron las primeras excavaciones en el ramal de Campos, y 1804, fecha en que la escasez de la Real Hacienda de Carlos IV provocó el abandono casi definitivo de las obras del Canal Sur, se circunscribe el periodo principal de

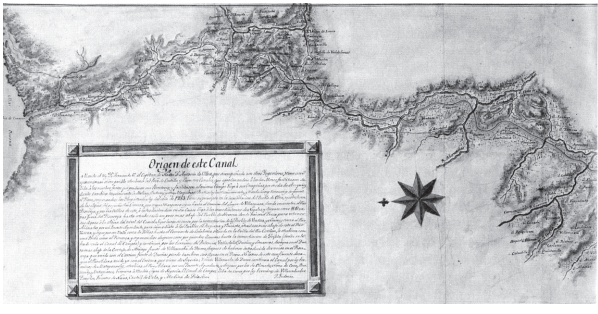




Figura 1
«Proyecto General de los Canales de Navegación y Riego para los Reinos de Castilla y León» (Helguera 1990)

construcción de la infraestructura de navegación y riego, siendo reanudados los trabajos casi treinta años después y hasta 1849 por la Compañía del Canal, si bien con pretensiones completamente diferentes a las que inspiraron su creación.

A lo largo del primer medio siglo, y con un ritmo de avance muy desigual, pudo ejecutarse una parte significativa de las trazas incluidas en el «Proyecto General de los Canales de Navegación y Riego para los Reinos de Castilla y León», redactado por Ulloa en base al minucioso trabajo de campo llevado a cabo por Lemaur (figura 1).

De los cuatro trayectos incluidos finalmente en el plan aprobado por el marqués –en principio se discutió la posibilidad de llevar a cabo siete canales– el tramo de Segovia nunca llegó a desarrollarse pormenorizadamente, y las obras de los otros tres, el de Campos, el Canal del Norte y el del Sur, no pudieron ser concluidas dada la precaria situación de la economía real.

Durante los años de concesión privada de la explotación a la Compañía del Canal, entre 1831 y 1849, se terminaron las obras del ramal del Sur y del ramal de Campos, quedando sin embargo inconclusas las del tramo Norte por considerar inviable su ejecución (Helguera 1990). Con ello se dio por finalizada la construcción del Canal de Castilla.

Construcciones para la navegación y el riego

La sección del Canal, con su cauce trapezoidal consolidado a base de sólida fábrica de sillería caliza, se ajustó a las dimensiones establecidas inicialmente en las rígidas instrucciones dictadas por Ulloa en 1753 para hacer posible únicamente la navegación, manteniéndolas constantes a lo largo del recorrido salvo en aquellos tramos en los que el importante aprovechamiento para regadío exigió aumentar su profundidad. Así, la anchura llega hasta los 22 metros y alcanza una profundidad de entre 2 y 3 metros, suficiente para el tránsito de naves, aumentando hasta un máximo de 7 metros en aquellos intervalos en los que el riego adquirió especial protagonismo.

Las limitadas pendientes exigibles para conseguir la navegabilidad del Canal, próximas a los 3 centímetros por kilómetro, así como la necesidad de mantener el nivel de agua adecuado, exigieron de los topógrafos y de los agrimensores, exhaustivos estudios del terreno para proceder al nivelado y delineado detallado de cada uno de los tramos. Sin embargo, la irregularidad del terreno, con importantes desniveles en ciertos tramos y cruces con otros cauces e infraestructuras, hizo necesario interponer numerosas fábricas a lo largo de su recorrido, ejecutadas exclusivamente en piedra perfectamente labrada y con una cuidadosa puesta en obra.

Las esclusas

De todos los ingenios desplegados, sin duda, uno de los más llamativos y que mayor interés despiertan son las esclusas, mediante las cuales se consiguen salvar importantes cambios de rasante en los recorridos, elevando o descendiendo la altura del agua encerrada en las balsas mediante dobles compuertas.

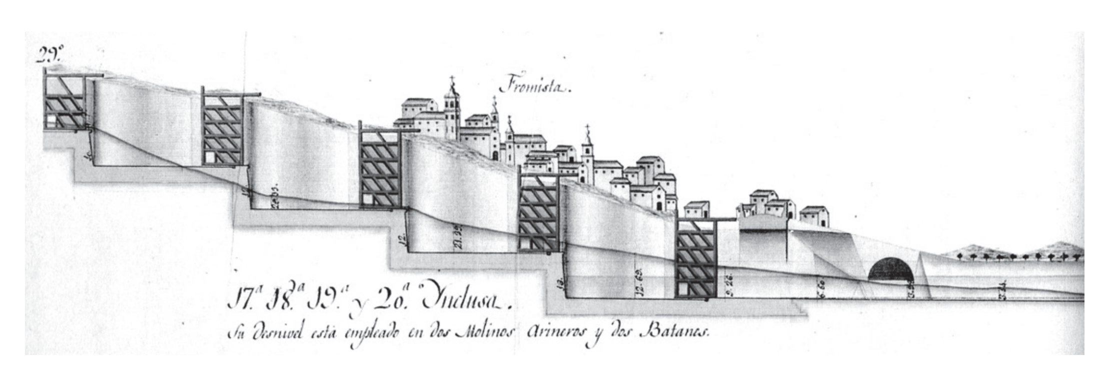


Figura 2
Sección de las esclusas 17ª, 18ª, 19ª y 20ª (Homar y Helguera 1992)

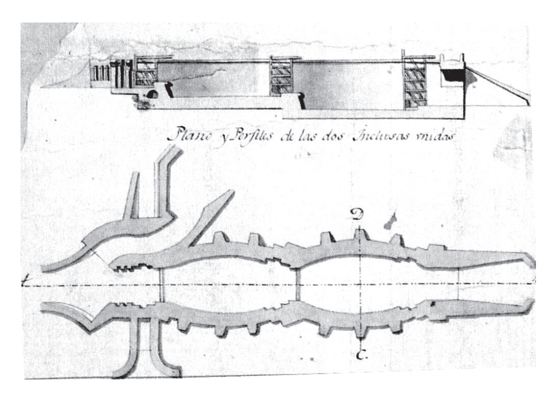


Figura 3
Planta y sección de dos esclusas unidas de la primera etapa de la construcción del Canal de Castilla (Homar y Helguera 1992)

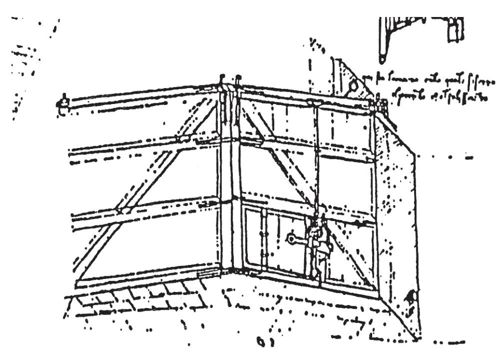


Figura 4
Tipo de compuerta de madera y metálica, usada a partir de finales del siglo XIX, del Canal de Castilla (García Tapia 1990)

En el caso del Canal castellano pudieron vencerse los 148,7 metros de desfase existentes a lo largo de su trayectoria, a través de 49 esclusas, de las que 24 se localizan en el ramal del Norte. La abrupta orografía del terreno, más acusada aún si la comparamos con la planicie del tramo de Campos y la imperiosa necesidad de economizar la exigua dotación monetaria, llevaron a soluciones constructivas tan singulares como la llevada a cabo en los proximidades de la localidad palentina de Frómista, donde se consiguieron superar 14,20 metros de desnivel mediante la concatenación de las esclusas 17ª, 18ª, 19ª y 20ª (figura 2).

La técnica de las esclusas no era desconocida en España, aunque la peculiaridad en el diseño del vaso y en el sistema de compuertas utilizadas en el de Castilla, inspiradas en las construidas en el Canal de Languedoc, no había sido concebida conjuntamente hasta ese momento en nuestro país. El sistema utilizado, mimetizado con el ejemplo francés, fue el formado por una balsa de tipo oval –en las 36 construidas hasta 1804– realizada con sólida sillería caliza –o arenisca en el caso de las primeros elementos de la cabecera del Ramal del Norte–, y compuertas tipo «mitra», de madera, obtenida de las especies vegetales que flanqueaban los caminos de sirga, reforzadas por medio de vigas transversales, en las que se alojaban unas portanas de desagüe con cierre de guillotina en la parte inferior (figuras 3 y 4).

La forma oblonga del vaso, de entre 20 y 25 metros de largo por 10 de ancho en la parte central, responde a razones de tipo estructural y funcional. El mayor volumen de agua encerrado por este modelo proporciona mayor resistencia al empuje del terreno, aportando apoyo extra, mientras que el ensanchamiento en el centro permite el cruce de dos embarca-

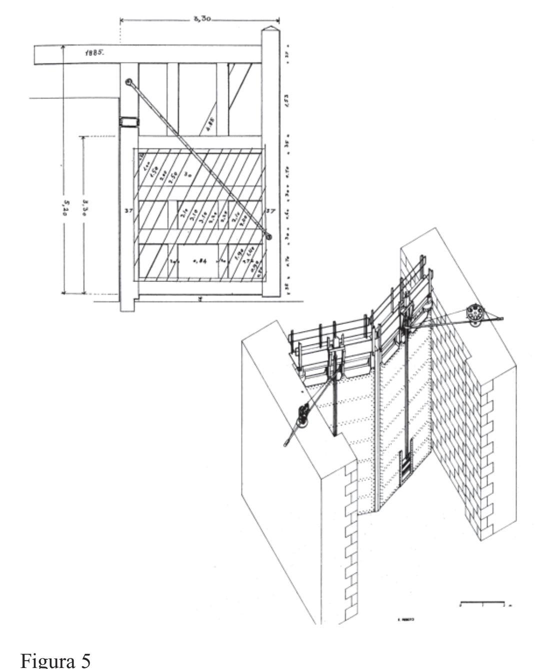


Figura 5
Puertas de esclusa dibujadas por Leonardo da Vinci (García Tapia 1990)

ciones a la vez, reduciendo considerablemente el número de maniobras, a pesar del mayor tiempo de llenado que requieren.

Con la privatización de la construcción en el siglo XIX, se retoma la forma rectangular habitual, con dimensiones de 30 metros de largo por 5 de ancho y diseño de Epifanio Esteban, más económica, tanto en volumen de agua como en coste de construcción, pero menos eficaces en relación a su funcionamiento, ya que no permiten el cruce de embarcaciones.

Respecto a las dobles compuertas tipo «mitra», debemos remontarnos al *Codex Atlánticus*, donde Leonardo da Vinci representa por primera el cierre en forma de diedro con el ángulo obtuso a contracorriente, consiguiendo de esta manera una oclusión hermética de la balsa (figura 5).

A pesar de que ya se experimentó con este tipo de compuerta en los canales del norte de Italia, e incluso existe un antecedente en nuestro país –algunos años antes Juan Bautista de Toledo utilizó este cierre en la esclusa del canal de Aranjuez– la inspiración inmediata para el trazado castellano debemos buscarla nuevamente en los proyectos franceses del periodo (García Tapia 1990, 183).

Los puentes y acueductos que habitualmente encontramos en relación con las esclusas, para permitir maniobrar las compuertas y para el paso de peatones, aparecen en ciertas ocasiones de forma independiente sorteando caminos, cursos de ríos o arroyos o sobre las derivaciones a los artefactos industriales.

Respecto a los puentes, localizamos hasta 70 a lo largo del cauce, la mayoría de los cuales responden al modelo reproducido por Juan de Homar en el plano general del Canal de 1806 (figura 6).

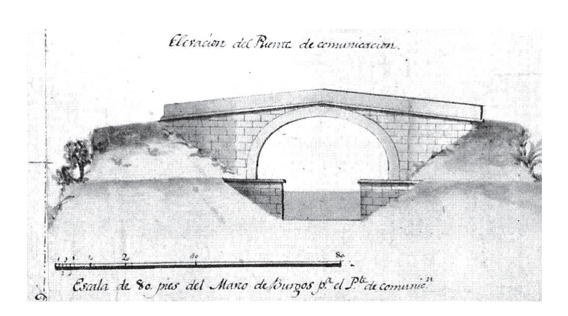


Figura 6
Alzado del modelo de puente más habitual utilizado en el Canal de Castilla. (Homar y Helguera 1992)

Nuevamente, debemos remitirnos a la obra de Riquet como ejemplo de solución adoptada en la construcción castellana (García Tapia 1990, 187). De acuerdo con este prototipo, el puente consta de un solo arco de medio pinto, construido en sillería bien labrada y con la cimentación avanzando sobre el arranque del ojo, creando así un pequeño paso de continuidad en el nivel inferior, a costa de disminuir el ancho del cauce. La mayor reducción se produce cuando se hace coincidir el paso superior con el final de la esclusa, saltando sobre los muros de las mismas. Cuentan con fuertes pretiles y andenes en su base para permitir la prolongación de los caminos de sirga, que se elevan hasta ellos mediante rampas consiguiendo la continuidad del transporte fluvial en los pasos superiores.

Los acueductos fueron la solución adoptada para resolver el cruce del Canal con otras arterias fluviales. Podemos encontrar de dos tipos, dependiendo de si el cauce natural se socava, haciéndolo pasar por debajo del Canal –acueducto tipo «sifón»– o si por el contrario, es la infraestructura la que se eleva para pasar por encima del río o arroyo, dando lugar a un acueducto tipo «puente».

Estos últimos son los más numerosos, contabilizando hasta 49, de mayor o menor envergadura en función de la importancia del cauce a sortear, y con distintas disposiciones y formas, siendo el de Abanades, sobre el río Valdavia, el más espectacular (figura 7).

Ubicado en el municipio de Melgar de Fernamental, en la provincia de Burgos, está compuesto por 5

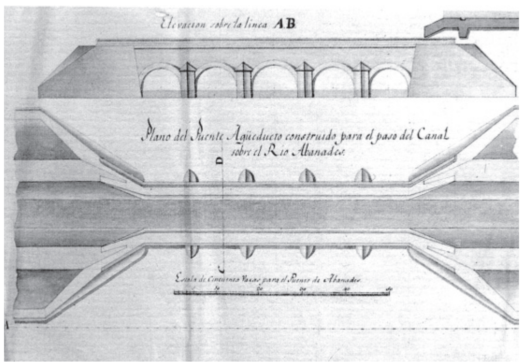


Figura 7
Planta y alzado del acueducto de Abadanes (Homar y Helguera 1992)

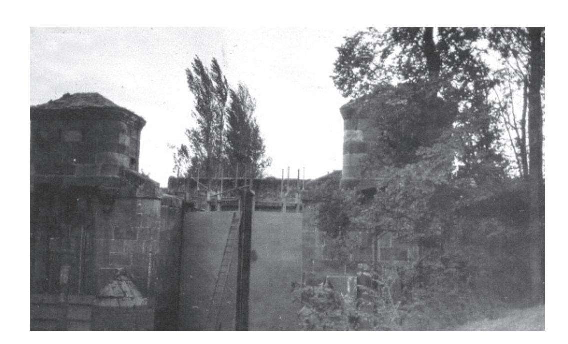


Figura 8
Presa de san Andrés (Álvarez Mora 2001).

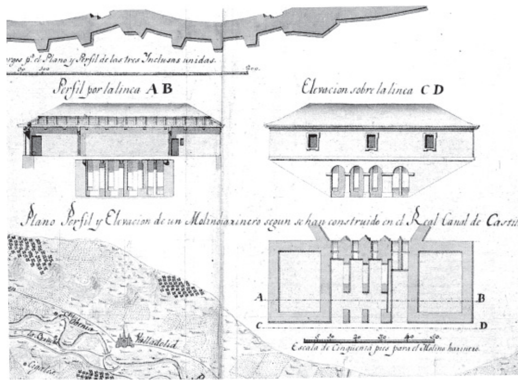


Figura 9
Proyecciones planas del prototipo de molino proyectado por Juan de Homar (Homar y Helguera 1992).

arcos de medio punto, que superan una longitud de 51,20 metros de largo y una altura máxima de 10,90 metros. Su formidable estructura de sillares de piedra caliza permite soportar el peso de toda la infraestructura, incluidos los correspondientes caminos de sirga para el arrastre de barcas, consiguiendo evitar las infiltraciones que hubiesen acabado con él en poco tiempo.

Retenciones y presas.

Las retenciones y las presas son, junto con los embalses, los sistemas constructivos que encontramos en la cabecera de los tramos.

Las primeras eran las encargadas de regular el caudal del agua del Canal mediante un sistema más o menos complejo de compuertas, asegurando el correcto desempeño de las funciones de navegación y riego. Existen dos en el tramo Norte, en Alar del Rey y en Herrera de Pisuerga, y otras dos en el de Campos, en Calahorra de Ribas y en el Serrón. Todas ellas, salvo la última, conservan la pequeña edificación rectangular que alojaba la maquinaria para controlar el caudal de agua circulante.

Las presas, construidas sobre los ríos Pisuerga y Carrión, tenían una doble función: por una parte, derivaban el agua del curso principal para alimentar el cauce del Canal, mientras que por otra, aseguraban suficiente altura sobre la corriente de agua transversal en los puntos en los que el Canal atravesaba el río, para poder navegar hasta el punto de destino (figura 8).

De las tres presas relacionadas con el Canal de Castilla, la de san Andrés, cuya misión consistió en igualar el nivel del Pisuerga con el del Canal, es, sin duda, la más conocida de todas, debido en parte, a la descripción que de ella hizo Sánchez Taramás, en su traducción y ampliación del tratado de fortificaciones de Müller:

> Su fábrica es de piedra cortada, y ajustada con todo el primor que se requiere para asegurar su firmeza y duración. A este fin presenta a la corriente una superficie convexa, labrada con sus dovelas, que apoyándose sobre tres liseras, comprenden sus hiladas hasta la cima de la propia azud; y en la parte opuesta se pierde en el pendiente que forman trece gradas, sobre las cuales se derraman las aguas sobrantes sin que puedan recibir daño alguno, por lo bien que quiebran y suavizan la corriente (Müller 1769, 281).

Construcciones industriales

Los primeros establecimientos localizados en el Canal, dado que en origen no se pensó en el aprovechamiento industrial, se relacionaron con su función como arteria de comunicación. Fundamentalmente se trataban de almacenes, talleres y maquinaria para la carga y descarga localizados en las dársenas situadas en los extremos de cada ramal –Alar del Rey en el tramo Norte, Medina de Rioseco en el de Campos, y Valladolid y Palencia, en el del Sur—, así como los diques secos y los astilleros para la reparación de las naves, salpicados en diversos puntos del recorrido.

Sin embargo, una vez constatada la insuficiencia de la navegación como principal baluarte para la pretendida regeneración económica, comenzaron a proliferar a lo largo del cauce artefactos y construcciones que aprovecharon la fuerza motriz generada por el agua en los saltos, dando lugar a la instalación de los primitivos molinos que pronto evolucionaron hacia complejas concentraciones fabriles.

Molinos y batanes

Durante la primera etapa de construcción del Canal, con financiación estatal, se instalaron 27 mecanismos industriales, siendo el ramal del Norte el más beneficiado por esta nueva explotación al contar con más esclusas. El establecimiento más primitivo fue el martinete instalado en la esclusa 1ª, aunque lo que más proliferaron en esta etapa fueron los molinos, fundamentalmente harineros, pero también de papel, y los batanes.

La tipología del molino –pensado para trabajar con tres rodeznos y tres pares de piedras– responde al edificio-puente de dos niveles representado por Homar en 1806 (figura 9).

El sótano –o cuerpo de aguas— cuenta con cuatro canales de entrada –uno para cada rodezno y el cuarto reservado como aliviadero– entre robustos tajamarajes, y con salida de aguas en la fachada paralela a base de cuatro arcos de medio punto. La planta baja –o cuerpo de molino—se divide en tres departamentos, siendo el central para las piedras y la maquinaria, y los laterales para la limpia y la vivienda del molinero. Las dimensiones aproximadas del molino son: 78,5 pies de largo, 31 pies de ancho y 26 pies de altura –21,9 metros de largo, 8,6 de ancho y 7,2 de altura (Geijo y Zulueta 2010).



Figura 10
Almacén de El Serrón (Álvarez Mora 2001)

Del mismo modo que los molinos, los batanes también responden a un mismo patrón constructivo, pensados para alojar dos ruedas en el centro del edificio, con tres pilas a cada lado de ellas, accionando cada pila dos mazos alternativamente. Las dimensiones en planta son algo mayores que en el caso de los molinos –unos 19 por 9 metros– pudiendo alojar toda la instalación descrita, y la altura del cuerpo de aguas alcanzada unos 5 o 6 metros.

Fábricas

La primera fábrica de harinas instalada en el Canal, entre 1798 y 1800, se configuró como un grupo de edificios relacionados entre sí en el grupo de esclusas de El Serrón –25ª, 26ª y 27ª. Las construcciones dejaron de funcionar aisladas como había sucedido hasta entonces, incluso en el grupo de esclusas de Frómista, para comunicarse mediante almacenes, formando una fábrica desarrollada en sentido horizontal (figura 10).

Por las mismas fechas, también aparecieron los primeros molinos-fábrica aislados, similares a los existentes, pero con un piso más de instalaciones. Sin embargo, la gran transformación se comenzó a gestar en el molino de la esclusa 40ª fruto de la evolución técnica, al sustituir los cuatro canales del prototipo dibujado por Homar, por un único canal de entrada de agua que movía un único rodezno con transmisión a cuatro muelas conectadas a través de engranajes. A partir de este arte-

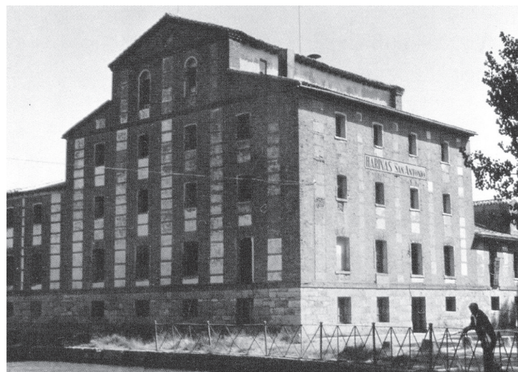


Figura 11
Fábrica de harinas «San Antonio» (Álvarez Mora 2001)

facto, la altura de los molinos comenzó a elevarse para poder alojar la nueva maquinaria, dando lugar a las características fábricas del Canal, de forma prismática, con basamento de piedra y cuidada fábrica de ladrillo. El ejemplo más representativo de esta tipología lo configura la fábrica de harinas «San Antonio», declarada en 2010 Bien de Interés Cultural por la Junta de Castilla y León (figura 11).

La concentración de fábricas llegó a ser especialmente densa en ciertos puntos, dando lugar a verdaderos espacios industriales tales como la Dársena y el Derrame de Valladolid, convertidos en el primer espacio industrial moderno de la capital (Represa y Helguera 1992).

Conclusiones

A la luz de lo expuesto podemos afirmar sin duda, que el Canal de Castilla configura uno de los más excepcionales e inusitados muestrarios de construcciones hidráulicas, portuarias e industriales de la Modernidad en nuestro país, solo comparable con la Acequia Imperial de Aragón, reconvertida en canal navegable algunos años después de iniciada la obra castellana.

Además de los adelantos técnicos introducidos, el estudio reconoce en el utópico proyecto el anticipo de conceptos tan contemporáneos como la sostenibilidad en la construcción, no solo reconocible en el uso de materiales naturales y reutilizables, piedra y madera fundamentalmente procedente del entorno, sino también en los ámbitos económico y social.

Este aspecto estuvo presente ya en las primeras etapas del proyecto, al compatibilizar el abastecimeinto y riego con su función principal como arteria de comunicación. A partir de 1786, bajo la dirección técnica de Juan de Homar, este tipo de explotación adquirió verdadero protagonismo, en relación directa con la política de colonización y repoblamiento asociada a la vía, manteniéndose viva hasta los años 20 de la pasada centuria.

Pero, sin duda, la capacidad de readaptación de la obra hidráulica hacia el aprovechamiento industrial –actividad no incluida en los presupuestos iniciales— la convirtió definitivamente en el elemento vertebrador de la región durante décadas, llegando a ser el dinamizador que pretendió ser en origen.

Lista de referencias

Alonso Ortega, José Luis. 1991. «El Canal de Castilla: atractiva e importante ruta turística en tierras castellanas». *Estudios turísticos,* 112: 56-79.

Álvarez Mora, Alfonso. 2001. «El Canal de Castilla. Una infraestructura viva al servicio del territorio». *El Canal de Castilla: un Plan Regional, Vol.1.* coordinado por R. Guerra, 51-70. Salamanca: Junta de Castilla y León, CEDEX/CEHOPU.

Cano de Gardoqui, José Luis. 1992. «Noticias sobre un proyecto de navegación por el río Pisuerga hecho por ingenieros alemanes (1550)». *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología,* 58: 365-374.

Cano de Gardoqui, José Luis. 2012. «El príncipe Maximiliano de Austria y el proyecto de navegabilidad del río Pisuerga (1549-1550)». *BSAA Arte: Boletín del Seminario de Estudios de Arte,* 78: 9-18.

García Tapia, Nicolás. 1988. «Ingeniería Hidráulica del Canal de Castilla». En *El Canal de Castilla* coordinado por J. Helguera, N. García Tapia y F. Molinero, 197-235. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Geijo, José Manuel y Zulueta, Patricia. 2010. «El Canal de Castilla: molinos, fábricas y otros artefactos». *Revista COIIM,* 48: 22-32.

Helguera, Juan. 1983. «Un proyecto de canales de navegación y riego en Castilla la Vieja a mediados del siglo XVI». *Investigaciones históricas: Época moderna y contemporánea,* 4: 5-40.

Helguera, Juan. 1988. «Aproximación a la Historia del Canal de Castilla». En *El Canal de Castilla* coordinado por J. Helguera, N. García Tapia y F. Molinero, 9-159. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Homar, Juan de y Helguera, Juan. 1992. *El Canal de Castilla. Cartografía de un proyecto ilustrado.* Madrid: Turner Libros S.A.

Martín Hernández, Miguel. 2001. «Las aguas de la razón. Memoria justificativa del Plan Regional del Canal de Castilla». En *El Canal de Castilla: un Plan Regional, Vol. 2.* coordinado por R. Guerra, 51-70. Salamanca: Junta de Castilla y León, CEDEX/CEHOPU.

Nardíz, Carlos. 2001. «Los canales en la España del siglo XVIII». En *El Canal de Castilla: un Plan Regional, Vol. 1.* coordinado por R. Guerra, 27-50. Salamanca: Junta de Castilla y León, CEDEX/CEHOPU.

Müler, John. 1769. *Tratado de fortificación, o Arte de construir los edificios militares y civiles.* Traducido al castellano y aumentado con notas por M. Sánchez Taramás. Barcelona: Tomás Piferrer.

Ortiz, Jesús. 2013. «Canal de Castilla. Un sueño ilustrado». *Escritura Pública,* 85: 74-78.

Ramos Gavilán et al (edit.). 2010. *Actas del 7º Congreso Internacional de Molinología.* Zamora: Universidad de Salamanca, ACEM, IEZ «Florián de Ocampo.

Represa, Mª Francisca y Helguera, Juan. 1992. «La evolución del primer espacio industrial de Valladolid: la Dársena y el derrame del Canal de Castilla (1836-1975)». *Anales de estudios económicos y empresariales,* 7: 321-352.

Sosa Wagner, Francisco. 2000. «El Canal de Castilla: sueño y aflicción de una obra pública». *Revista de Administración Pública,* 153: 443-470.

Terán, Francisco de. 1988. «Política de obras públicas». *Carlos III y la Ilustración, Vol. I.* Libro del Catálogo de la exposición, 173-182. Madrid: Ministerio de Cultura.

Candela en Cali: seis proyectos de Félix Candela en la ciudad de Cali, Colombia (1958-1961)

Jorge Galindo Díaz
Hernando Vargas Caicedo
Ricardo Tolosa Correa

Si bien la obra del arquitecto Félix Candela ha sido ampliamente reseñada en lo que respecta a sus proyectos y construcciones en México, no ocurre lo mismo con lo que él concibiera para otros países del mundo y de manera especial para los de América Latina.

Esta comunicación explica y caracteriza constructivamente los seis proyectos que Candela, a través de su empresa «Cubiertas Ala», realizó en la ciudad de Cali (Colombia), entre 1958 y 1961, en asocio con arquitectos locales.[1] Se presentan también los antecedentes colombianos en la construcción de membranas de hormigón, con el fin de aclarar que los proyectos que son aquí objeto de estudio, no constituyeron casos aislados en el contexto de la arquitectura local; por el contrario, contribuyeron arquitectónica y estructuralmente a enriquecer una tradición en el ámbito de las construcciones laminares que habían empezado a levantarse en el país en 1946 y que se continuarán edificando hasta 1968 a lo largo y ancho de su territorio.

Se destaca el interés de Candela por llevar sus proyectos fuera de las fronteras mexicanas, como el de los profesionales colombianos en imitarle y aprender los aspectos constructivos y estructurales de su trabajo.

Antecedentes: las *bóvedas de membrana* en Colombia (1947 – 1958)

En Colombia, durante las primeras décadas del siglo 20, la aplicación del hormigón en la construcción de cubiertas era prácticamente desconocida o al menos limitada a la construcción de azoteas planas. Solo con la llegada del arquitecto alemán Leopoldo Rother y su diseño para el mercado de Girardot (1946), se concebirán las primeras «bóvedas de membrana» caracterizadas por usar ladrillos cerámicos como recurso para aligerar su peso propio (Rother 1984).

Un año después otro edificio sorprendió por su atrevida propuesta estructural y el empleo de bóvedas de membrana en hormigón, aligeradas también con ladrillos cerámicos: el estadio de béisbol de Cartagena de Indias, diseñado por los arquitectos Alvaro Ortega, Gabriel Solano, Edgar Burbano y Jorge Gaitán, con cálculos estructurales del ingeniero Guillermo González Zuleta. En este edificio, la tribuna central se resuelve mediante 8 pórticos curvados en forma de «C», apoyados sobre dos columnas y separados entre sí por 10,75 m de luz, formando la estructura, que soporta tanto la gradería como la cubierta. Esta última consta de 8 membranas de 5 cm de espesor y adopta la forma de una parábola. La luz del voladizo de la cubierta alcanza los 19 m, dimensión considerable para una estructura de esa época en el territorio colombiano.

En 1952 González Zuleta trabajó de nuevo con los arquitectos Ortega y Solano en el proyecto para una estación de autobuses en Bogotá, donde bóvedas de membrana, construidas con ladrillo hueco alcanzaban los 5 cm de espesor, 24 m de longitud y 16 m de luz. Ese mismo año el arquitecto Alvaro Hermida

proyectó, también junto a González Zuleta en condición de ingeniero estructural, el nuevo hipódromo bogotano, a partir de un conjunto de 12 bóvedas cilíndricas de 2,5 m × 250 m, dispuestas en sentido longitudinal sobre las graderías.

Un año más tarde el ingeniero González Zuleta inició una relación profesional con el arquitecto Juvenal Moya con motivo del diseño que ambos hicieran para un centro deportivo en Ibagué: aquí, un conjunto de bóvedas semicilíndricas de 3 cm de espesor colgaban mediante tensores de hormigón de un enorme arco elíptico, también de hormigón reforzado. En 1954, ambos profesionales trabajarían en el diseño de las membranas para la capilla del colegio Gimnasio Moderno en Bogotá, también concebida a partir del sistema mixto de hormigón reforzado aligerado con ladrillos huecos.

También en 1954 González Zuleta diseñó la bóveda semiesférica para el Mercado Rayo en Bogotá, de los arquitectos Francisco Pizano y Roberto Rodríguez, salvando una luz de 22,5 m y con espesor de 5 cm. En 1955 participó en la concepción y ejecución de las bóvedas cilíndricas continuas para el edificio que el arquitecto Bruno Violi diseñara para la casa Volkswagen, incorporando en ellas baldosas de vidrio a fin de obtener iluminación cenital.

Si bien la figura de González Zuleta era apabullante en el ámbito profesional de la ingeniería colombiana en la década del 50 (Vargas y Galindo 2015), también vale la pena destacar el papel de otros profesionales nacionales y extranjeros en ese periodo: en 1955 Felipe Rolnik diseñó una iglesia en el barrio Quiroga de Bogotá a partir del uso de paraboloides hiperbólicos aplicando los conocimientos adquiridos durante su formación en North Carolina State College, donde había sido alumno de Eduardo Catalano, autor de varios libros relacionados con el diseño y construcción de estructuras laminares.

De otra parte, el ingeniero italiano (residente en Colombia desde 1945) Doménico Parma diseñó en 1958 la que fuera por muchos años la más grande de las bóvedas semiesféricas en el país: con 28 m de luz y situada sobre la sala de lectura de la biblioteca del Banco de la República, en Bogotá, consta de una estructura reticular de casetones de planta cuadrada de 1,40 m de lado, huecos algunos de ellos, de tal manera que permiten la iluminación natural del espacio.

También en esos años se construyeron estructuras laminares de hormigón en Medellín y Cali. En la primera se destacan la iglesia de Nuestra Señora de Fátima (1950) y el templo de la Universidad Pontificia Bolivariana (1952), ambas del arquitecto Antonio Mesa Jaramillo con cálculos estructurales de González Zuleta; igualmente importante es el aeropuerto Olaya Herrera (1957), obra de Elías Zapata, Apolinar Restrepo, Alfonso Vieira y Jaime Zapata, con diseños estructurales de Ignacio Arango. En Cali por su parte, poca atención han merecido el edificio para el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) de la firma Borrero & Caldas (1958) y la estación de servicio San Cristóbal (1959) del arquitecto José Manuel Patiño, con cálculos estructurales de los ingenieros Gilberto Rodríguez y Jacobo Brecher.

Félix Candela y los arquitectos colombianos

La primera visita de Félix Candela a Colombia tuvo lugar en los primeros meses de 1956, gracias a la invitación que le hicieran desde el «Centro Interamericano de Vivienda» (CINVA)[2] con el fin de conocer sus puntos de vista acerca de la manera en que era posible optimizar el uso del hormigón en beneficio de viviendas económicas. Como promoción a esa visita, la revista colombiana *Proa* incluyó en su número de mayo de ese año un artículo (Martínez 1956) que hacía un elogio de su figura y de su obra, además de una entrevista en donde el propio Candela manifestaba:

> Debo aclarar en primer lugar que, aunque soy arquitecto por educación, mi actividad profesional es la de constructor o contratista de obras y por lo tanto, mis preocupaciones sobresalientes, son por lo general, de tipo económico.

Como resultado de ese viaje a Colombia, Candela entró en contacto con profesionales locales interesados en contratar sus servicios como ingeniero calculista. Así, en una carta del ingeniero barranquillero Julio Muvdi, dirigida a Candela en 1956, este buscaba formalizar el convenio verbal al que habían llegado «sobre el cálculo de bóvedas de membrana», de tal manera que tanto Muvdi como su socio Elberto González tendrían la exclusividad de los servicios de Candela para el norte del país (Muvdi 1956). Como forma de pago, Candela recibiría un 3% del valor de las estructuras construidas y el 50% de los honora-

rios si se tratara solo de labores de diseño o consultoría.

A manera de respuesta, dos semanas más tarde, el propio Candela (1956) enviaba a Muvdi y González una minuta de contrato en papelería de «Cubiertas Ala» en donde especificaba que:

> 1. El «Arquitecto» [Félix Candela] se compromete a proyectar, ejecutando los planos necesarios y a proporcionar su asistencia técnica –con carácter exclusivo para los departamentos colombianos de la costa atlántica, Córdoba, Bolívar, Atlántico y Magdalena– en las estructuras laminares o cascarones de concreto que le sean encomendadas por «Los ingenieros» [Muvdi y González] para su ejecución por contrato en dichos departamentos colombianos, y a no aceptar trabajos de la misma índole que le sean encomendados por otras empresas o entidades colombianas para su ejecución en los citados departamentos.

En palabras del propio Candela, los términos contractuales establecidos con Muvdi y E. González eran los mismos que él ya había fijado anteriormente con la «Compañía Constructora VELMAN», de Caracas (Venezuela), negándose además a realizar cálculos para otras empresas en vista de los problemas que implicaba asumir responsabilidades técnicas sin estar al frente de los trabajos de construcción.

No se tiene conocimiento acerca de los frutos profesionales de la asociación de Candela con Muvdi y González; tampoco se cuenta con documentos que precisen la relación laboral entre Candela y otros arquitectos e ingenieros colombianos, pero de este intercambio epistolar es posible deducir, por una parte, que existía en él un claro interés por formalizar vínculos contractuales que le permitieran expandirse en el mercado latinoamericano; por la otra, para muchos profesionales el buen nombre de Candela contribuía a abrir oportunidades de negocio en un medio cada vez más competitivo.

Pero en el caso de los arquitectos e ingenieros colombianos no se trataba solo de un interés puramente comercial: también estaba el deseo por aprender de las experiencias técnicas de Candela: en una carta fechada en 1957, el ya mencionado ingeniero González Zuleta (a quien con seguridad había conocido personalmente en Bogotá un año antes) le escribía a Candela con el fin de que atendiera a otro ingeniero calculista, Antonio Lequerica Martínez, quien viajaba entonces a México «a conocer con detalle sus trabajos que admiramos y aplaudimos» (González 1957).

Proyectos de Félix Candela en la ciudad de Cali

Fruto de ese mutuo interés y teniendo en cuenta el entusiasmo y admiración que Candela despertaba entre sus colegas colombianos, debió haberse dado en torno a 1958 un contacto entre este y el arquitecto - ingeniero Jaime Perea, quien entonces residía en la ciudad de Cali y frecuentaba las oficinas de los profesionales más activos de la ciudad gestionando asuntos de naturaleza contractual. El nombre de Perea figurará en cinco de los seis proyectos que se diseñaron en la oficina de «Cubiertas Ala» con el fin de ser construidos en Cali, entre 1958 y 1962.

Bodegas «Almagrán» (1958)

El primero de los diseños que Candela realizó para la ciudad de Cali, fue el de una cubierta para bodegas «Almagrán», en la zona industrial de Yumbo y consta de dos propuestas. La primera, a nivel muy esquemático, se trata de una cubierta formada por 10 segmentos de bóveda esférica de 40 m de largo × 10 m de ancho, apoyados sobre columnas de 6 m de altura, cubriendo una superficie total de 4.000 m^2 (figura 1).[3]

La segunda propuesta (figura 2), con mayor desarrollo constructivo, cubría un área considerablemente mayor: 7.440 m^2 y se resolvía mediante un conjunto de 48 estructuras tipo «paraguas» sobre una superficie de planta rectangular. Según Del Cueto (1997), Candela había construido los primeros prototipos experimentales de estructuras de este tipo (conformados por cuatro segmentos de paraboloide hiperbólico sostenidos por un apoyo central) entre 1952 y 1953 y tuvieron una rápida y amplia aceptación entre los empresarios mexicanos por su eficacia y rapidez en la construcción, siendo usados en naves industriales y edificios con cubiertas de grandes luces.

En el proyecto para bodegas «Almagrán», una docena de «paraguas» se situaba en cada uno lados más largos, alcanzando una altura total de 7,3 m (con una columna central de 5,5 m de altura) en tanto que 24 «paraguas» de 8,5 m de alto (con una columna central también de 5,5 m de altura se ubicaban en el área central. Se formaban así dos franjas cenitales entre las filas de «paraguas» altos y bajos, permitiendo la iluminación y ventilación natural.

Mientras que los «paraguas» de menor altura cubrían una superficie de 120 m^2 (con planta rectangular

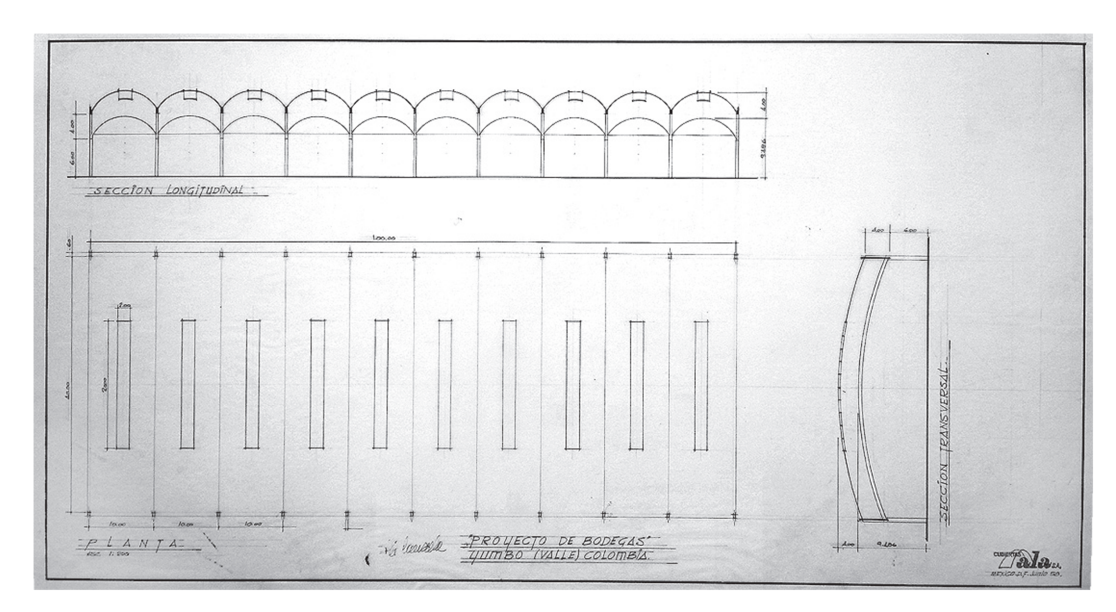


Figura 1
Primer proyecto de Félix Candela para bodegas «Almagrán». (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

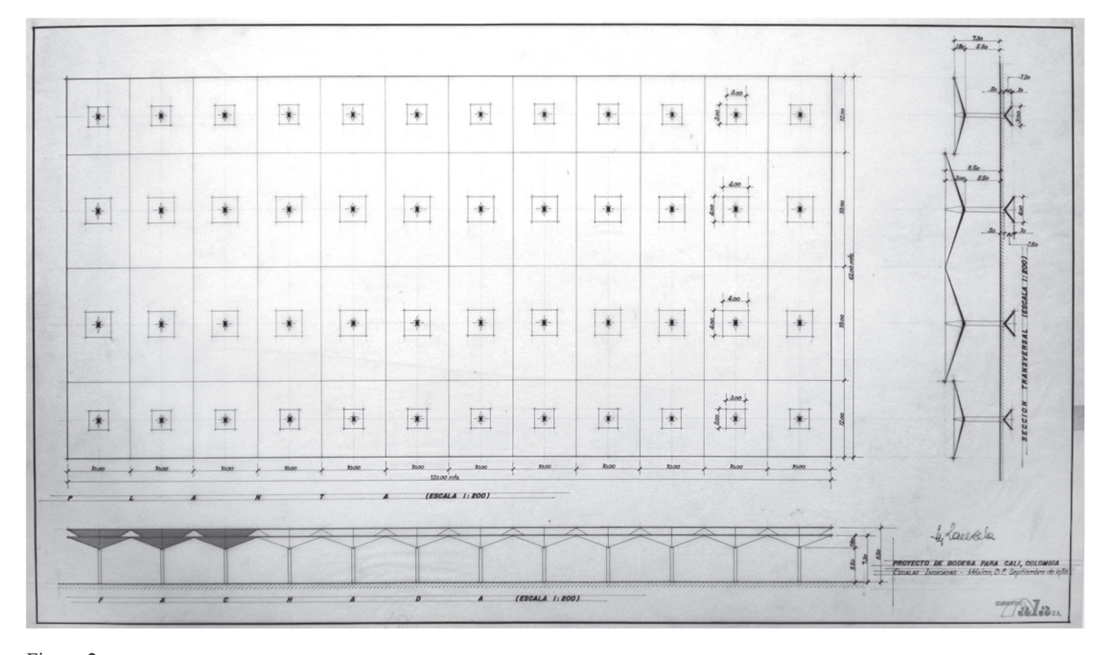


Figura 2
Segundo proyecto de Félix Candela para bodegas bodegas «Almagrán». (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

y lados de 10 m y 12 m, respectivamente) los más altos cubrían, cada uno, un área de 190 m². En ambos casos, las aguas lluvias se recogían en el punto central, mediante un bajante de aguas lluvias de asbesto – cemento de 15 cm de diámetro. El refuerzo de varillas de hierro de ½» de diámetro se organizaba principalmente en las aristas de intersección de las láminas de hormigón, asumiendo una disposición radial. Un entramado, también en varillas de hierro separadas cada 20 cm, pero esta vez de ¼» de diámetro, se repartía a lo largo y ancho de los cuatro paraboloides, de 4 cm de espesor. Los bordes rectos se reforzaban con varillas de ¾» y cada una de las cuatro esquinas superiores se reforzaba con barras de hierro adicionales de 3/8» dispuestas entre sí cada 20 cm.

Especial interés merece el sistema de soporte: las columnas presentaban una sección de 50 cm × 70 cm en los primeros 50 cm de su desarrollo a partir de la cúspide del cimiento (una zapata aislada también con forma de paraboloide) y se levantaban 5,5 m por encima del suelo con una sección de 60 cm × 40 cm, siendo reforzadas con 8 varillas de hierro de ¾» agrupadas por pares y dispuestas en las esquinas (figura 3). Por su parte, la tradicional zapata maciza de cimentación era aquí reemplazada por una estructura laminar de hormigón del tipo «paraguas invertido», que Candela había ya ensayado en el diseño de algunas fábricas como respuesta a los blandos suelos arcillosos de la ciudad de México (Candela 1954).

Pero el proyecto no sería construido conforme a ninguno de los diseños entregados por Candela: en su lugar, se levantarían sí 40 estructuras tipo «paraguas», todos de planta cuadrada de 16 m de lado pero a dos alturas diferentes y distribuidos de manera alternada siguiendo el patrón de un damero para lograr así los efectos espaciales del proyecto original. Aislados del exterior, el conjunto de elementos de soporte se encerró en un muro de mampostería de doble altura, cortando cualquier posibilidad de relación con el peatón. La prensa local atribuyó el diseño al arquitecto Alfonso Caicedo Herrera y los cálculos estructurales al ingeniero Guillermo González Zuleta.

Sin embargo, no es fácil asociar la obra de Caicedo Herrera con el uso de paraboloides hiperbólicos de hormigón: su experiencia previa lo sitúa en el campo de la arquitectura residencial con formas

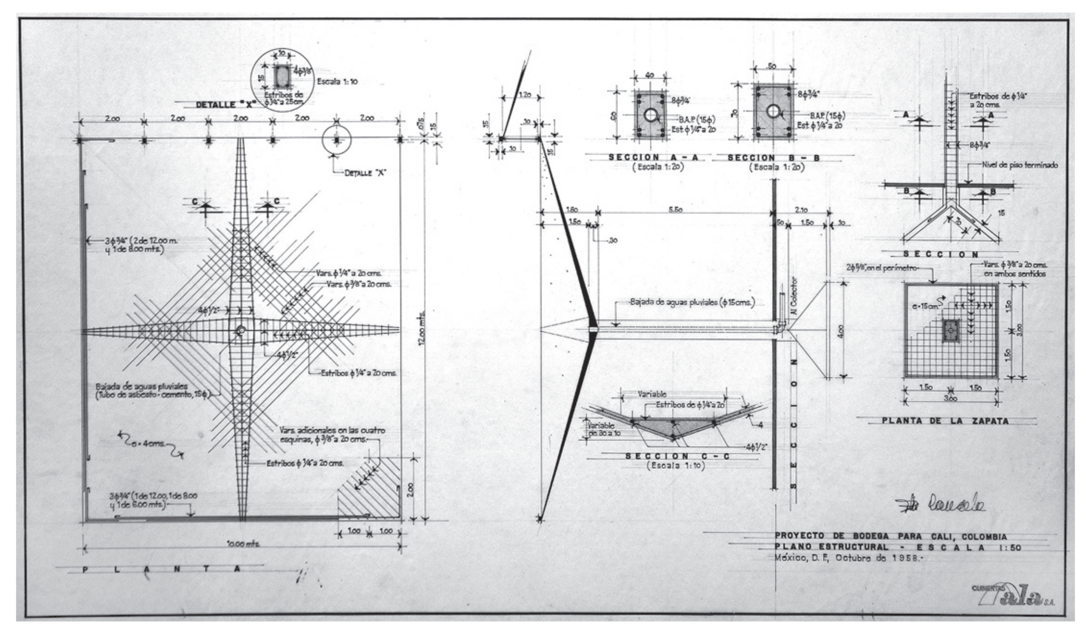


Figura 3
Detalle de estructura tipo «paraguas», de 10 m × 12 m de superficie, para bodegas «Almagrán». (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

neocoloniales. Por su parte, sí hay evidencias de que González Zuleta rehiciera el proyecto estructural para las bodegas de «Almagrán»: en el Archivo Distrital de Bogotá se conservan sus planos para este proyecto, fechados en febrero de 1959. En ellos se aprecian dos cambios notables con respecto a la propuesta de Candela: por una parte, el refuerzo en varillas de hierro se hace más denso en la superficie de los paraboloides a la vez que cambia el patrón de las armaduras radiales situadas sobre los vértices; por la otra, desaparecen las cimentaciones laminares para ser reemplazadas por zapatas masivas tradicionales.

Cubierta para oficinas de Textiles El Cedro (1959)

Este proyecto se construyó entre 1959 y 1960; fue demolido en 1993. Los planos llevan el sello propio de «Cubiertas Ala» e incluyen el nombre del arquitecto colombiano Manuel Escobar; participaría, en calidad de representante de Candela en Colombia, Jaime Perea Suárez (figura 4).[4]

Estaba formado por un conjunto de 33 estructuras tipo «paraguas», 28 de ellos de planta cuadrada de 4 m de lado y 3,6 m de altura; otros 3 se hicieron también de planta cuadrada pero de 12 m de lado y 4,45 m de altura y solo 1 tenía una planta rectangular de 3,3 × 3,7 m (con apoyo asimétrico) cubriendo la entrada al edificio (figura 5). Las estructuras más bajas se situaban en la periferia del proyecto (una fila de ellas daba directamente sobre la calle) de tal manera que las más altas se posicionaban en el centro, a manera de patios en tanto permitían el ingreso de luz cenital. Muros de ladrillo a la vista alcanzaban una altura de 2,5 m y servían como cerramientos. Dadas las condiciones climáticas de la ciudad, la solución formal permitía óptimas condiciones de ventilación natural.[5]

El refuerzo en acero de las superficies laminares seguía el mismo patrón ya descrito en el caso anterior. Los «paraguas» de 12 m de lado se apoyaban sobre columnas de sección cuadrada que variaba en su desarrollo: 44 cm × 44 cm en su arranque y 60 cm × 60 cm en el capitel; las columnas restantes variaban desde los 29 cm × 29 cm hasta los 35 cm × 35 cm. Los bordes de los parabolides se reforzaban con un doblez que permitía el asiento del marco de las ventanas elaboradas en lámina metálica.

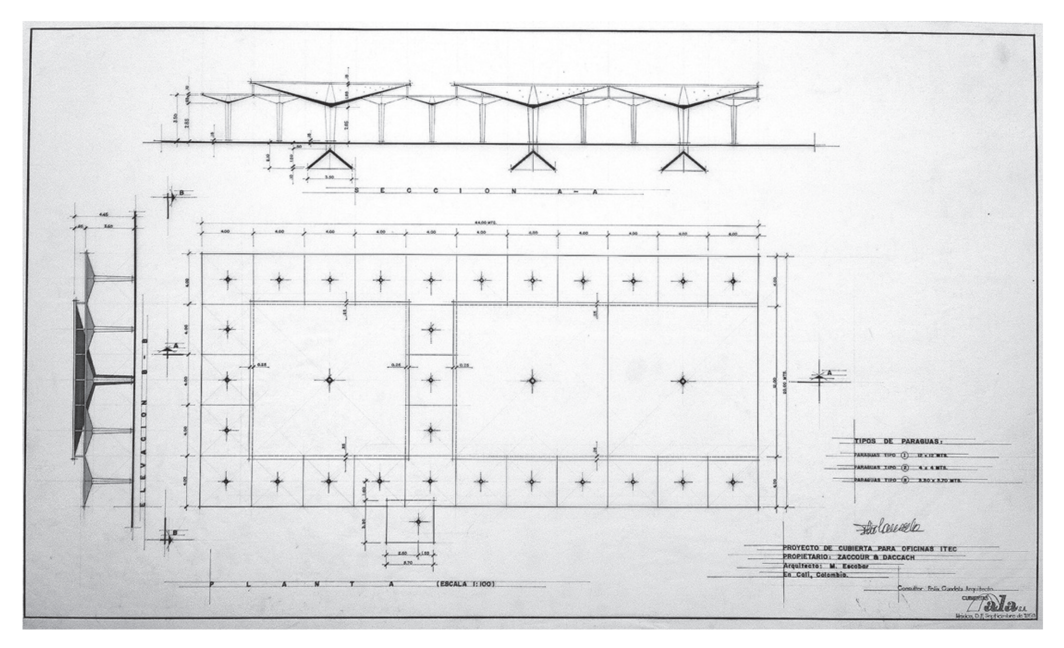


Figura 4
Planta para Textiles El Cedro, Cali, 1959. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

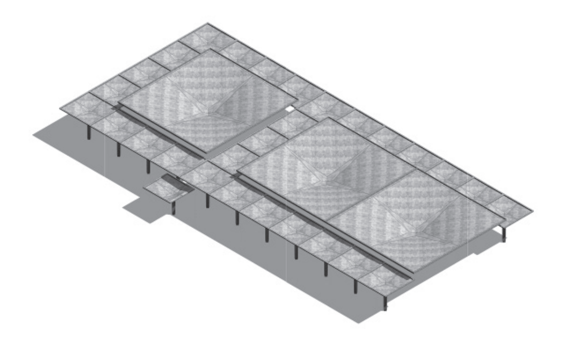


Figura 5
Vista axonométrica de Textiles El Cedro. (Fuente: elaboración propia)

En el proyecto para Textiles El Cedro sí se construirían los cimientos laminares conforme a los detalles entregados por Candela: estructuras de planta cuadrada de 3,5 m de lado y 15 cm de espesor para los «paraguas» grandes y de 1,5 m × 1.5 con 10 cm de espesor para los pequeños, en tanto que para el asimétrico se diseñó un cimiento de 2,0 m × 2,0 m y 10 cm de espesor.

Cubierta para un templo (1959)

Se trata de un interesante proyecto concebido por «Cubiertas Ala» para Jaime Perea.[6] No se precisa el

Figura 6
Planta y alzada del templo para Cali, 1959. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

lugar de la ciudad de Cali en donde debía construirse, pero por su tamaño y de acuerdo a condiciones históricas locales se presume que corresponde al templo del barrio «Colseguros» (figura 6).

Si en su famoso proyecto para la iglesia de la Medalla de la Virgen Milagrosa (Navarte, México, 1963), Candela logró una innovadora estructura laminar que se identifica con el espacio interior del templo mediante el empleo de «paraguas» hiperbólicos que se mueven en el espacio, en el que concibe para Cali se muestra más conservador aunque hace uso también de paraboloides invertidos de aristas horizontales sin fuste, pero apoyados sobre muros de albañilería que se pliegan verticalmente. Este tipo de paraboloides, denominados «tipo D» por el propio Candela, habían sido empleados como solución de cubierta en las bodegas de Herdez (San Bartolo, México, 1954) reforzados también mediante cables tensores horizontales.

El proyecto para Cali muestra una planta convencional, formada por un cuerpo central de mayor altura y dos naves laterales, sobre las que se disponen las estructuras laminares de hormigón, permitiendo de nuevo la iluminación y la ventilación cenital. Sobre el crucero, una enorme estructura (que recuerda claramente el templo de Navarte) se apoya en 4 columnas de sección cuadrada, marcando el punto más alto del edificio (figura 7).

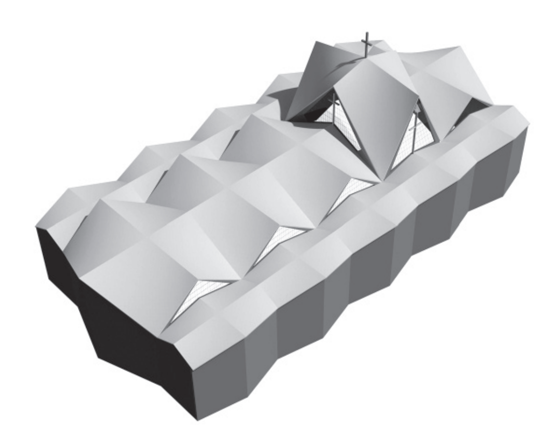


Figura 7
Vista exterior del templo para la ciudad de Cali, 1959. (Fuente: elaboración propia)

Cubierta para el mercado Cristóbal Colón (1960)

En 1960, gracias a las gestiones de Jaime Perea, se empezarán las obras del que probablemente sea uno de los proyectos más grandes de Félix Candela contruidos en América Latina (con excepción de México): las cubiertas para la plaza de mercado Cristóbal Colón (hoy denominado Santa Helena), en Cali, que ocupan una superficie horizontal de 3.200 m^2 (figura 8).

El proyecto[7] se resuelve a través de una planta rectangular de 40 m × 80 m, cubierta por dos estructuras, cada una de las cuales consta de 4 paraboloides hiperbólicos en cuyas uniones se forma una dilatación que permite le iluminación y ventilación natural. Formas similares habían sido empleadas por Candela solo en proyectos religiosos: la iglesia de San José Obrero (Monterrey, 1959) y la de San Vicente (Coyoacán, México, 1959). En el proyecto caleño, sirven de soporte a las 8 láminas de hormigón (que alcanzan un espesor de 4 cm y una altura de 11,62 m por encima del nivel del piso), 6 potentes apoyos perimetrales y uno central, también de hormigón, de 3 m de altura y vinculados entre sí por un conjunto de 10 tirantes elaborados en barras de hierro de 1 ¼» de diámetro que corren por debajo del nivel del piso (figura 9).

En el extremo norte y de manera independiente, se construyó una estructura de planta circular de 20 m de diámetro, destinada a comedor. Está cubierta con un sistema de plegaduras de bordes curvos elaboradas en hormigón reforzado, apoyadas sobre columnas (figura 10). La construcción del edificio estuvo a cargo de los ingenieros Llano & Donney's y la interventoría fue realizada por el ingeniero Hugo Villaquirán .

Mercado El Porvenir (1960)

Como parte de una política municipal destinada a reemplazar el viejo mercado central por plazas satélites alternas, la alcaldía de Cali encargó el diseño de una estructura de cubierta para otra central de abastos, complementaria a la del mercado Cristóbal Colón; el nuevo edificio estaría situado en el corazón del barrio El Porvenir. De nuevo, Jaime Perea gestionó el diseño estructural con Félix Candela, de quien obtuvo un conjunto de al menos seis propuestas distintas pero caracterizadas todas por el empleo de cáscaras de hormigón en forma de bóvedas por arista.[8]

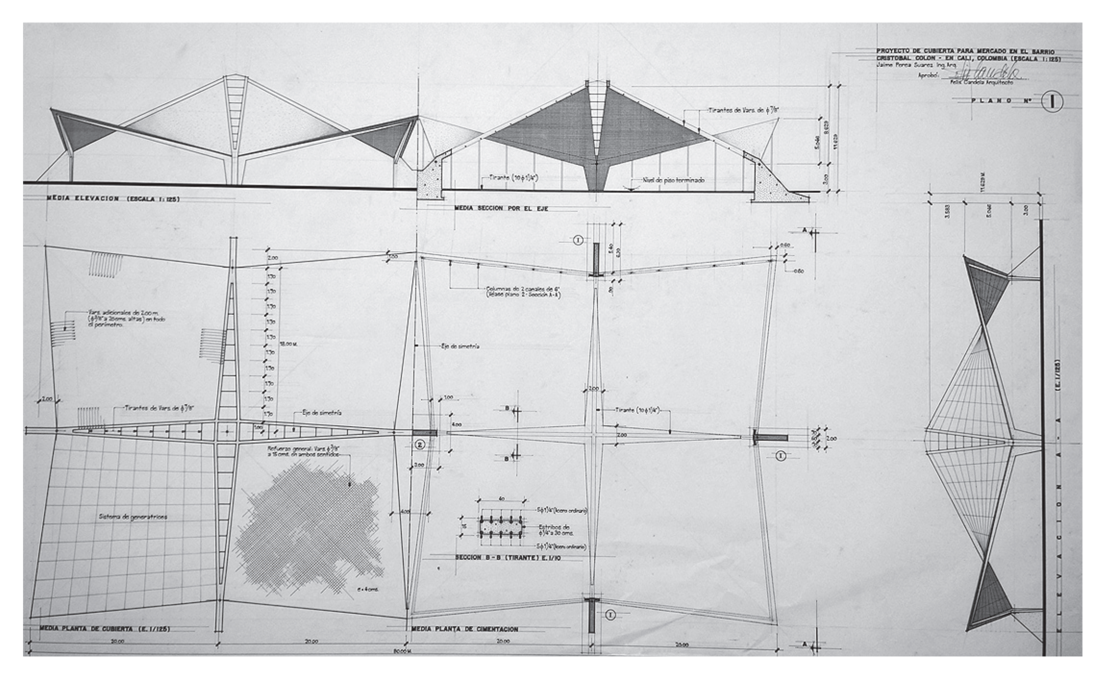


Figura 8
Planta del proyecto para Mercado Cristóbal Colón, Cali, 1960. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

Una de esas propuestas, la más elaborada, consta de 4 estructuras abovedadas de 30 m de lado y 10 m de altura, que recuerdan perfectamente –por su forma y dimensiones– a las seis del mismo tipo que Candela hiciera para la planta embotelladora Barcardí (México, 1958). La geometría de cada cascarón se logra mediante la intersección de dos paraboloides hiperbólicos iguales de tal manera que los bordes curvos, a la vista, adoptan la forma de una hipérbola (figura 11).

Como en el mercado Cristóbal Colón, las áreas residuales entre los cuatro cascarones se emplean para suministrar luz y aire al espacio interior. Doce



Figura 9
Mercado Cristóbal Colón, en construcción. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

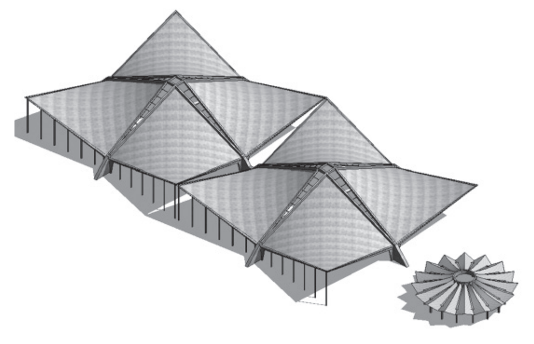


Figura 10
Vista exterior del mercado. (Fuente: elaboración propia)

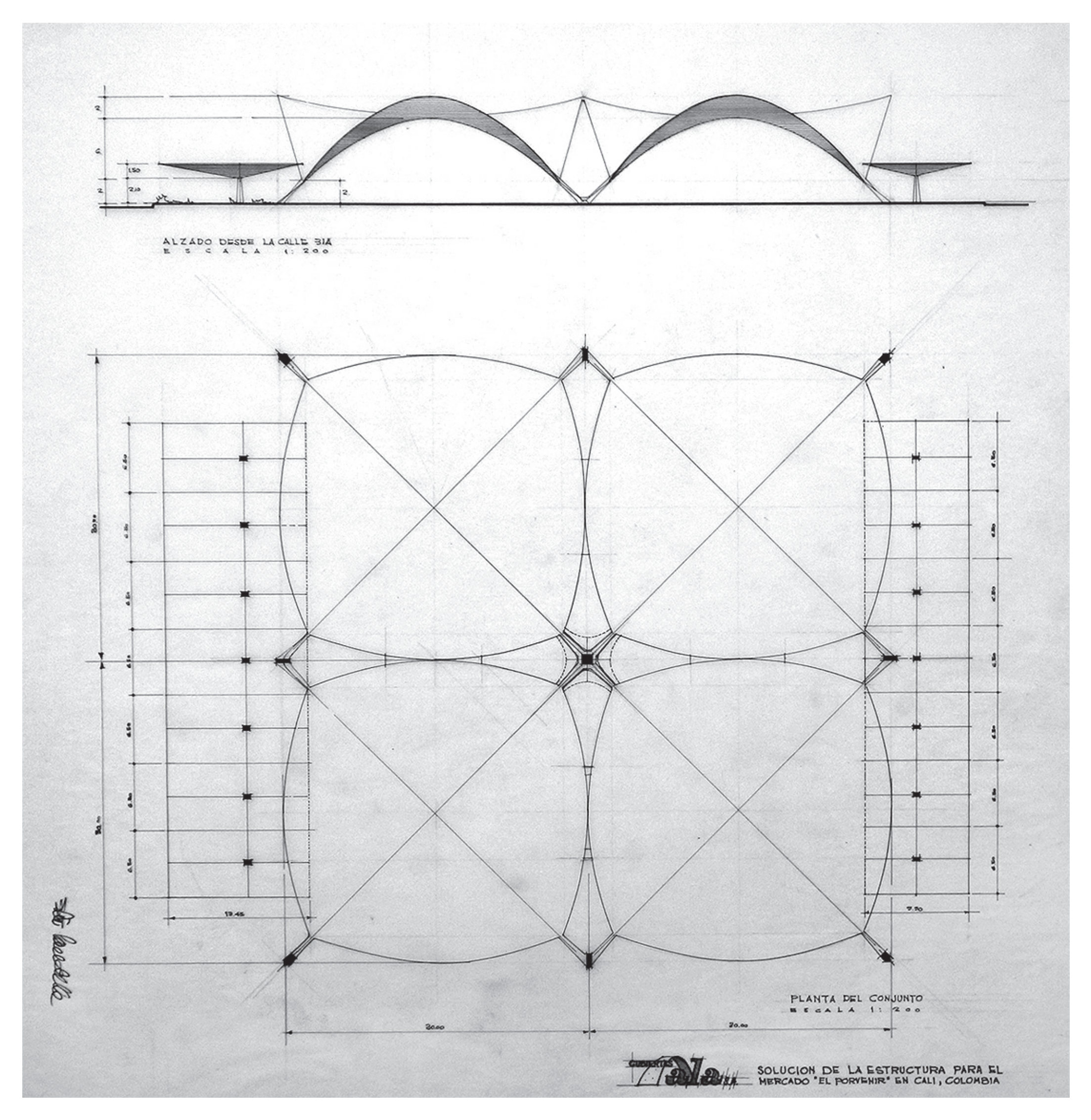


Figura 11
Planos para la cubierta de mercado El Porvenir, Cali, 1960. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

apoyos en hormigón reciben los empujes diagonales. El conjunto (figura 12) se complementa con dos series de estructuras tipo «paraguas», dispuestos en sendos costados, de planta rectangular con un apoyo asimétrico de solo 2,10 m de altura con el fin seguramente de dar escala de peatón a las áreas de acceso. Ninguna de las propuestas para este mercado fue construida.

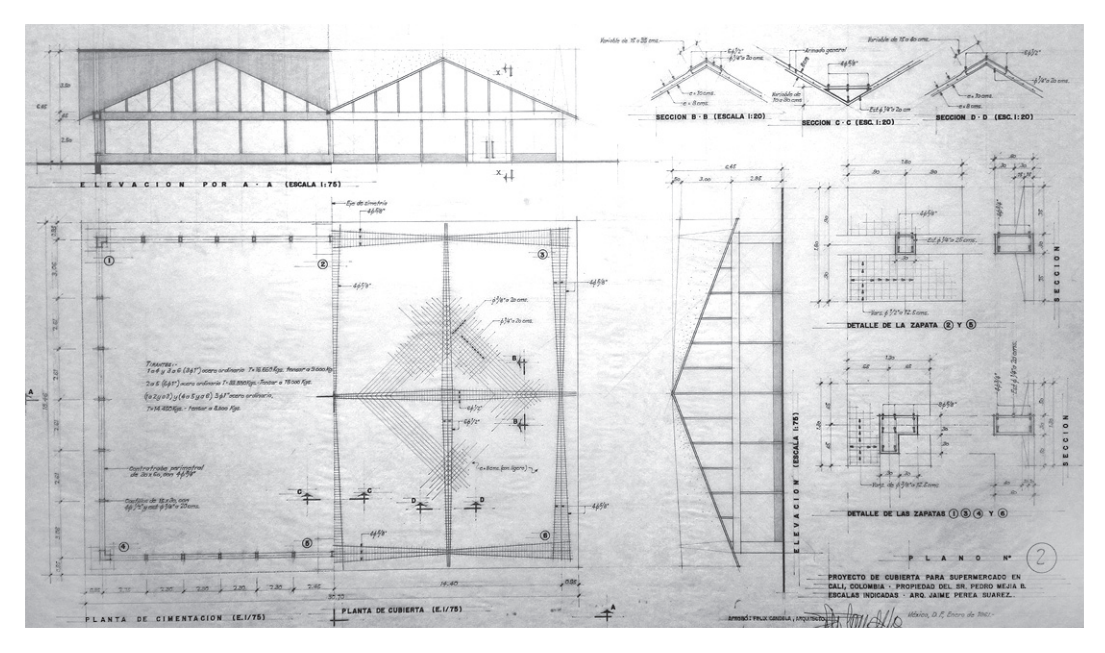


Figura 12
Planos para la cubierta de supermercado Belmonte, Cali, 1961. (Fuente: Avery Architectural and Fine Arts Library, Columbia University, New York)

Cubierta para el supermercado «Belmonte» (1961)

El último de los proyectos que Candela diseñara en la ciudad de Cali, también en colaboración con Jaime Perea, fue una cubierta para un supermercado particular que para su inauguración sería bautizado como «Belmonte», en el barrio residencial de San Fernando (figura 12).[9] Actualmente la estructura se encuentra en pie y en servicio aunque un cielo falso descolgado oculta la riqueza espacial del diseño interior.

De nuevo, Candela apela al uso de láminas de hormigón de 5 cm de espesor formadas por la combinación de 4 paraboloides hiperbólicos de aristas horizontales, apoyados sobre 6 columnas perimetrales, 4 de ellas en esquina con forma de «L» y 2 centrales, de sección rectangular. Entre las columnas y a una altura de 2,5 m sobre el nivel del piso, se dispone un juego de 3 tirantes de 1» de diámetro que se esconden en la caja destinada a recibir la cortina enrollable que sirve de cerramiento en las noches.

La estructura total cubierta es de 568 m^2. Los seis hastiales que forman las cubiertas son aprovechados para poner allí una celosía de cerámica que contribuía a la climatización natural del edificio (figura 13).

El legado de la obra de Félix Candela en Cali

En 1962 el arquitecto Jaime Perea tendrá a su cargo el diseño de las cubiertas para el «Club Deportivo K-O» (actualmente gimnasio del Club Deportivo

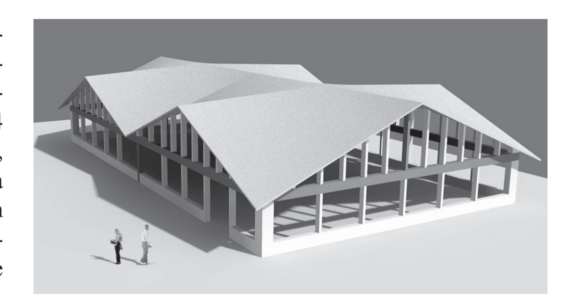


Figura 13
Vista exterior del mercado. (Fuente: elaboración propia)

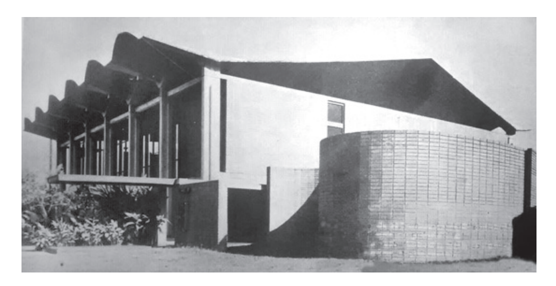


Figura 14
Cubierta del Club Deportivo K.O, Arquitecto Jaime Perea, Cali, 1962 (Fuente: colección particular)

Cali), en donde empleó formas que hacen recordar los diseños de Candela (figura 14); sin embargo, en las notas de prensa publicadas con motivo de su inauguración, no se menciona su participación; tampoco existen planos para este proyecto bajo el sello de «Cubiertas Ala». Ese mismo año Perea adelantará un diseño de cubiertas experimentales a partir de cáscaras de hormigón para el pabellón de Corferias en Bogotá. No será construido.

Otro mercado satélite se construirá en Cali haciendo uso de estructuras tipo «paraguas» soportando paraboloides hiperbólicos: la plaza de mercado de Siloé se inaugurará en octubre de 1963 bajo la dirección técnica de «Emsirva», la empresa que entonces velaba por el aseo urbano.

Conocedor de esas experiencias, el arquitecto caleño Rodrigo Tascón, siendo colaborante en la renovada estructura política de Cuba, diseñaría en 1965 el edificio para la Escuela de Medicina de Santiago, caracterizado por la fuerza de sus cubiertas en forma de «paraguas», calculadas por el ingeniero ecuatoriano Jaime Vinueza.

Finalmente, en 1968 el ingeniero Guillermo González Zuleta calculará la estructura de un conjunto de paraboloides hiperbólicos tipo «paraguas» que los arquitectos Camacho & Guerrero diseñarán en la zona de acceso al puerto de Buenaventura, en cercanías a Cali.

En 1971, los arquitectos Libia Yusti y Enrique Richardson verán terminada la construcción de su diseño para el «Gimnasio del Pueblo», una enorme estructura de hormigón destinada a servir de sede para los Juegos Panamericanos celebrados entonces en la ciudad de Cali. Pero aquí las cubiertas, aunque concebidas con la forma de dos enormes paraboloides hiperbólicos, se construyeron en placas de aluminio sustentadas en un sistema de cables. Las cáscaras de hormigón estaban desapareciendo del lenguaje de los arquitectos.

Notas

1. La fuente principal de la investigación llevada a cabo es el conjunto de planos, cartas y fotografías depositados en el archivo «Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings & Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library» de la Universidad de Columbia (New York), a quienes los autores agradecen la disponibilidad para su consulta.
2. El CINVA fue creado en 1952 gracias al auspicio de la OEA, la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto de Crédito Territorial «constituyéndose en el órgano más importante del hemisferio occidental en cuanto a enseñanza, investigación, intercambio, divulgación y asesoría práctica en los ramos de la vivienda, el urbanismo y la construcción, bajo criterios interdisciplinarios y con una profunda proyección y sentido internacionales en el marco de la unidad panamericana liderada por los EEUU. En el contexto nacional, el CINVA se convirtió en el primer centro de estudios de postgrado en vivienda y planeamiento del país» (Acebedo 2003, 59).
3. Los planos para este proyecto que reposan en la Universidad de Columbia están fechados en los meses de septiembre y octubre de 1958 (Serie I, Drawer 72, Folder 15; Drawer 69, Folder 1; Drawer 113, Folder 27).
4. Los planos para este proyecto que reposan en la Universidad de Columbia están fechados en septiembre de 1959 (Serie I, Drawer 113, Folder 26).
5. La ciudad de Cali, a una latitud de 3º 26’N y 108 msnm, presenta temperaturas constantes durante todo el año que oscilan entre los 36,7ºC y los 18ºC.
6. Los planos para este proyecto que reposan en la Universidad de Columbia están fechados en noviembre de 1959 (Serie I, Drawer 69, Folder 9).
7. Los planos para este proyecto que reposan en la Universidad de Columbia están fechados en agosto de 1960 (Serie I, Drawer 113, Folder 4, 29).
8. Los planos para este proyecto que resposan en la Universidad de Columbia no están fechados (Serie I, Drawer 113, Folder 27), pero se supone son de 1960 en virtud de crónicas de diarios de la ciudad de Cali que fueron consultados en el curso de esta investigación.
9. Los planos para este proyecto que resposan en la Universidad de Columbia están fechados en enero de 1961 (Serie I, Drawer 113, Folder 29).

Lista de referencias

Acebedo, Luis Fernando. 2003. «El CINVA y su entorno espacial y político». *Mimesis*, 24(1); 59-89.

Candela, Félix. 1954. «Discussion – Warped Surfaces: Hyperbolic Paraboloids». En: *Proceedings of a Conference on Thin Concrete Shells ad MIT*; 91-98. Cambridge: MIT.

Candela, Félix. 1956. «Carta mecanografiada de Félix Candela a Julio Muvdi y Elberto González, fechada en México el 22 de junio de 1956». En *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings & Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, Box 6:10. New York: Universidad de Columbia.

Del Cueto, Juan Ignacio. 1997. «Félix Candela, el mago de los cascarones en concreto». *Arquine*, 1(2); 31-40.

González Zuleta, Guillermo. 1957. «Carta mecanografiada de Guillermo González Zuleta a Félix Candela, fechada en Bogotá el 2 de febrero de 1957». En *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings & Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, Box 6:37. New York: Universidad de Columbia.

Martínez, Carlos. 1956. «Félix Candela en Bogotá». *El arquitecto*, 19; 12-13.

Muvdi, Julio (1956). «Carta mecanografiada de Julio Muvdi a Félix Candela, fechada en Barranquilla el 7 de junio de 1956». En *Félix Candela architectural records and papers, 1950-1984, Department of Drawings & Archives, Avery Architectural and Fine Arts Library*, Box 6:10. New York: Universidad de Columbia.

Rother, Hans. 1984. *Arquitecto Leopoldo Rother, Vida y obra*. Bogotá: Escala.

Vargas, Hernando y Galindo, Jorge. 2015. «The Construction of Thin Concrete Shell Roofs in Colombia During the First Half of the 20th Century: The Works of the Guillermo González Zuleta (1916-1995)». En *Proceedings - 5th International Congress on Construction History*, vol. 3. Editado por B. Bowen et al.; 525-533. Chicago: Construction History Society of America.

Un modelo de bóveda tardogótica con terceletes combados. Las conexiones entre los ámbitos riojano y conquense

Ricardo García Baño

Simón de Colonia, de influencia y formación centroeuropeas, fue pionero en la utilización de bóvedas de nervios combados. La del crucero de la Catedral de Palencia, cerrada por él en 1497, es considerada como la primera en la que se utiliza el recurso de curvar los terceletes (Gómez 1998, 92; Palacios 2000, 750; Alonso 2003, 204; Barrón 2014, 188), que a partir de ese momento se generalizó y alcanzó una difusión significativa por diversas zonas de la geografía hispana durante los tres primeros cuartos del siglo XVI.

En el presente trabajo se analiza el empleo de bóvedas nervadas con terceletes combados y en particular las que responden a los modelos incluidos en el manuscrito anónimo de cantería Ms. 12686 conservado en la Biblioteca Nacional de España.

Se ha realizado un trabajo de búsqueda de bóvedas construidas con similar disposición de nervaduras que los diseños contenidos en el manuscrito y recopilación de los datos disponibles: Localización y situación, datación, autorías, planos, documentación fotográfica.

El análisis transversal de los datos obtenidos ha permitido establecer las concurrencias en el empleo del modelo, agrupar las piezas en cuanto a su ubicación, relacionar su construcción con las sagas de canteros procedentes en su gran mayoría de tierras vizcaínas, como los Alviz,[1] Pérez de Solarte, Martínez de Mutio, o los Rasines cántabros y determinar las vías de formación y transmisión del conocimiento entre los maestros tardogóticos.

Los modelos de bóvedas de terceletes combados contenidas en el manuscrito Ms. 12686

El manuscrito contiene tres dibujos correspondientes a bóvedas nervadas: Una de planta perlongada (f.28v.), una de planta cuadrada (f.29v.) y una tercera, inacabada, de planta perlongada en la que solo aparecen representadas la clave central y las caras interiores de los nervios perimetrales con sus claves, por lo que la investigación realizada se ha centrado en los dos dibujos completados.

La bóveda de planta cuadrada

Contiene veintiuna claves: La central, dieciséis secundarias dispuestas en dos círculos concéntricos de ocho claves alrededor del polo, a las que habría que sumar las cuatro claves adicionales dispuestas en los nervios perimetrales. Respecto a la los nervios dispone de cruceros, ligaduras en ambas direcciones, que no alcanzan los nervios perimetrales, quedando interrumpidas en las claves del segundo círculo, terceletes que son de directriz recta en el primer tramo hasta las claves del segundo círculo para curvarse posteriormente hasta las claves del primero. Completan el esquema de nervios los pies de gallo que conectan los terceletes con las claves de los nervios perimetrales, y dos series de nervios combados: La primera conecta las claves intermedias de los terceletes con las claves del primer círculo colocadas en los cruce-

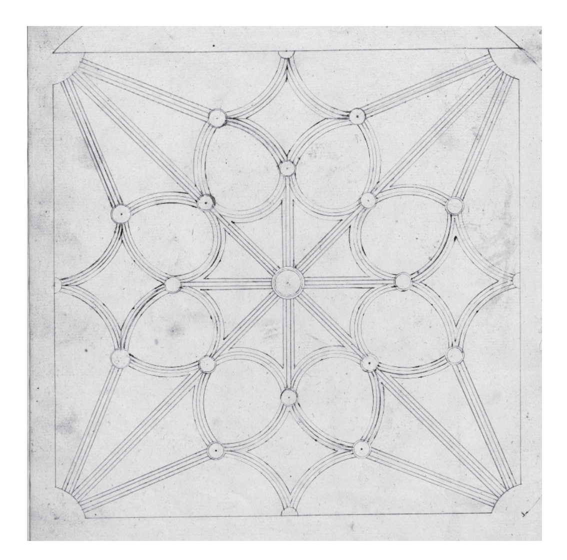


Figura 1
Bóveda de crucería cuadrada, manuscrito de cantería Ms 12686, BNE (ca.1545)

ros y la segunda la forman nervios cóncavos dispuestos polarmente que conectan las claves del primer círculo (figura 1). El efecto del conjunto es el de una bóveda estrellada en la que se ha incluido una serie de ocho lazos ovoides dispuestos en torno al polo.

El dibujo incluye una escala gráfica en la parte inferior, tabulada de 0 a 20 pies, que permite conocer el tamaño de la bóveda dibujada, que alcanzaría 40 pies medidos en el diámetro de la circunferencia en la que se inscriben sus cuatro vértices en el arranque. La escala indicaría que el dibujo no se trata simplemente de un ejercicio teórico. Podría corresponder a un diseño destinado a ser ejecutado o quizá a la representación gráfica a escala de un modelo ya construido.

La bóveda de planta perlongada

De proporción dupla entre las caras interiores de los nervios perimetrales, su lado mayor es coincidente en longitud con el lado de la bóveda cuadrada lo que podría indicar que ambas estaban destinadas a una misma construcción.

La bóveda contiene diecinueve claves: La central, diez secundarias dispuestas en un óvalo alrededor del polo, cuatro secundarias adicionales situadas dos a cada lado entre el óvalo que contiene las anteriores y el perímetro y cuatro claves ubicadas en los nervios perimetrales.

El diseño de las nervaduras es similar al de la bóveda cuadrada, realizando los ajustes necesarios para asumir la forma rectangular. Se mantienen los cruceros, pero solo dispone de ligadura en el sentido longitudinal, que queda interrumpida en las claves del óvalo. Los terceletes son de directriz recta en el primer tramo hasta las claves secundarias más exteriores para curvarse posteriormente hasta alcanzar las claves del óvalo. Se completan con pies de gallo que conectan los terceletes con las claves de los nervios perimetrales, y con nervios combados entre las claves intermedias de los terceletes con las claves del óvalo y otros dispuestos en torno al polo en ambos lados del lado mayor. Con ello se consigue un efecto de bóveda estrellada que incluye dos lazos ovoides situados a cada lado del polo en el sentido longitudinal (figura 2).

Las bóvedas construidas relacionadas con los dibujos del manuscrito

Se ha realizado una labor de investigación con el fin de localizar el mayor número posible de bóvedas

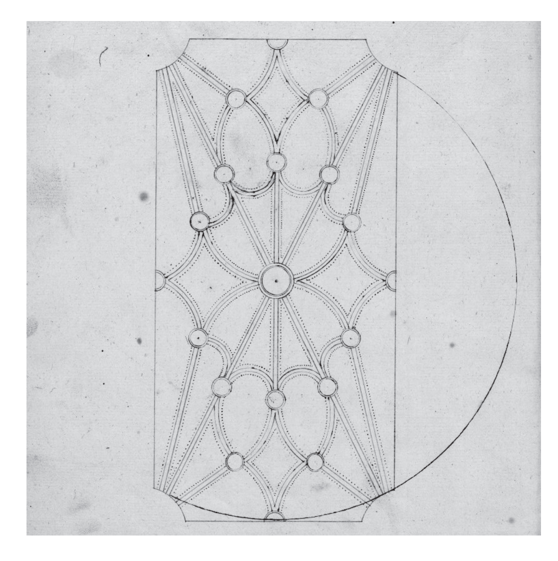


Figura 2
Bóveda de crucería perlongada, manuscrito de cantería Ms 12686, BNE (ca.1545)

construidas cuya disposición de nervios sea coincidente con los diseños contenidos en el manuscrito. Sin embargo, por su significación y por los datos que aportan, se ha extendido el estudio a bóvedas que incluyen ligeras modificaciones o incorporan algún nervio adicional. Tal es el caso de las de planta cuadrada en las que las ligaduras se prolongan hasta las claves de los nervios perimetrales o las que incorporan nervios combados adicionales desde las claves intermedias de los terceletes hasta los nervios perimetrales, formando una M con los pies de gallo.

La mayoría de las bóvedas localizadas están ubicadas en dos zonas. La primera de ellas corresponde al ámbito riojano, en torno a Logroño, y la segunda en la zona conquense focalizada en el monasterio santiaguista de Uclés. Las coincidencias con los dibujos del manuscrito se refieren en todos los casos a bóvedas de planta cuadrada o ligeramente rectangulares a las que se adapta el modelo modificando la amplitud de los lazos ovoides. Para el diseño de planta perlongada no se han localizado ejemplos iguales, salvo en la iglesia de Garcinarro, como veremos más adelante.



Figura 3
Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga. Bóveda del crucero. Sª Mª la Redonda de Logroño (1523-30). Fotografía: García Baño (2015)

Ejemplos en el entorno del ámbito riojano

La primera de la que se tiene constancia documental, de entre las localizadas, es la del crucero de la iglesia colegial de Santa María La Redonda en Logroño. La iglesia había sido comenzada por Juan de Regil en 1516 y se continuó en 1523 con traza de los canteros y primos Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga, quedando la bóveda concluida hacia 1530 (Barrón 2014, 195). El diseño de la bóveda coincide plenamente con la cuadrada del manuscrito en tres de sus lados, pero los nervios del lado de la cabecera se fusionan con ella, rompiendo la doble simetría del conjunto (figura 3).

También del primer tercio del siglo es la bóveda del crucero de la iglesia de San Miguel en Rincón de Soto, ligeramente rectangular. No se tienen datos concretos de ella, pero la iglesia se inició hacia 1510 y se terminó hacia 1550 con intervención en la década de los 40 de San Juan, Pedro y Domingo de Areizábal (Moya et al. 1975, 3: 220).

La influencia de Juan de Rasines

Hay que citar otras bóvedas relativamente tempranas debidas a Juan de Rasines que, si bien presentan algunas diferencias respecto al modelo estudiado, permiten establecer el nexo de unión entre las propuestas de Simón de Colonia y las construidas posteriormente por la siguiente generación de canteros.

Fuera del ámbito territorial de La Rioja, en la Colegiata de Nuestra Señora del Mercado de Berlanga de Duero, trazada por Rasines en 1525 y que se bendijo en 1530 (Martínez 1980, 362-71; Alonso 2003, 201), el maestro cántabro empleó el modelo en los dos tramos de la sacristía, en los que se incluye una inflexión en los combados que unen las claves de terceletes y cruceros. En los tramos segundo al cuarto de la nave central planteó un tipo de bóveda similar, menos elaborada en la que aún no se incluyen los ocho combados cóncavos alrededor del polo que cierran los lazos.

La que cubre el crucero de la iglesia de San Martín en Casalarreina, trazada por Rasines en torno a 1533 y construida por Juan de Legorreta (Moya 1980, 97; Alonso 2003, 234-35), responde a un estadio previo de evolución hacia el modelo estudiado,

con similar disposición de nervios salvo que los terceletes se mantienen rectos hasta la clave de la ligadura, más cercanos a los modelos utilizados por Juan y Rodrigo Gil de Hontañón.

Juan Martínez de Mutio y la saga de los Pérez de Solarte

Durante el segundo tercio del siglo, se construyeron un grupo de bóvedas con igual disposición de nervios a la del manuscrito, vinculadas con los canteros vizcaínos Juan Martínez de Mutio, Juan Pérez de Solarte, que se había formado con Mutio y se convirtió en cuñado suyo tras esposar con su hermana María, y a dos generaciones descendientes de este matrimonio, que continuaron el trabajo de Mutio y Solarte (Moya 1980, 99).

Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte intervinieron en torno a 1541 en la Iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo (Moya 1980, 98-102; Alonso 2003, 136), cuyas bóvedas de los cuatro tramos de la nave coinciden en el diseño (figura 4), presentando el primero de ellos los nervios combados adicionales que conforman la M. Con posterioridad en el coro y en la conclusión de las naves, intervinieron los hijos de Juan: Martín y Juan Pérez de Solarte (Arrúe 2004, 136).



Figura 4
Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte. Bóveda del primer tramo de la nave central. Iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo (ca.1541). Fotografía: García Baño (2015)



Figura 5
Juan Martínez de Mutio y San Juan de Obieta. Bóveda del primer tramo del lado del Evangelio. Colegiata de San Pedro en Soria (ca.1551). Fotografía: García Baño (2015)

A Juan Martínez de Mutio se deben también los dos últimos tramos de la iglesia de la Asunción en Briones, en la que intervino a partir de 1546 (Moya et al. 1975, 212) y otra obra fuera de la zona riojana, la colegiata de San Pedro en Soria, realizada junto a San Juan de Obieta a partir de 1551 (Martínez 1980, 371-78), directamente relacionada con Berlanga de Duero en la que emplearon el modelo en las bóvedas de las naves colaterales del segundo tramo (figura 5).

Otras bóvedas vinculadas a Juan Pérez de Solarte son la del crucero de la iglesia de San Andrés en Anguiano, en la que pudo intervenir hacia 1546 (Arrúe 2004, 122), cuyo lado de la cabecera incorpora los combados adicionales en M y prolonga la ligadura (figura 6) y la que construye a partir de 1549 en el claustro de Yuso en San Millán de la Cogolla (figura 7), alterando la traza que había diseñado previamente el burgalés Juan de Vallejo (Barrón 2014b, 123). Se da la circunstancia de que en Anguiano y en Yuso, Solarte empleó además el tipo de bóveda similar sin los combados cóncavos que Rasines había utilizado en Berlanga de Duero.

El modelo se utiliza para cubrir el crucero de la iglesia de San Martín en Camprovín (figura 8), en la que hacia 1574 intervinieron la segunda generación de los Solarte, Juan y Martín, hijos de Juan Pérez de Solarte, finalizándola hacia 1579 (Moya 1980, 103-4).



Figura 6
Juan Pérez de Solarte. Bóveda de la cabecera. Iglesia de San Andrés en Anguiano (ca.1546). Fotografía: García Baño (2015)

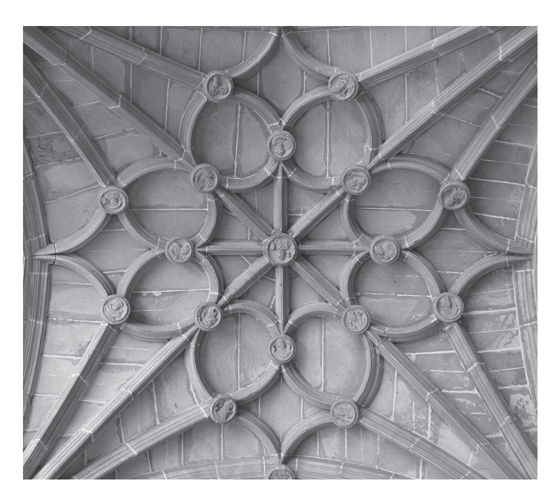


Figura 7
Juan Pérez de Solarte. Bóveda del claustro de Yuso. San Millán de la Cogolla (1549). Fotografía: García Baño (2015)



Otros ejemplos en La Rioja

El modelo también fue usado en la bóveda del segundo tramo de la nave de la iglesia de la Asunción en Nalda (Moya et al. 1975, 3: 74) y en dos de las iglesias de Arnedo: Los tramos 1º, 2º y 3º de la nave central de San Cosme y San Damián (figura 9), comenzada probablemente hacia 1540 (Moya et al. 1975, 1: 129) y el primer tramo de la nave de Santa Eulalia, trazada a principios del siglo y terminada en 1590.



Figura 8
Juan y Martín Pérez de Solarte. Bóveda del crucero. Iglesia de San Martín en Camprovín (ca.1574). Fotografía: García Baño (2015)



Figura 9
Bóveda del segundo tramo de la nave central. Iglesia de San Cosme y San Damián en Arnedo (ca.1540). Fotografía: García Baño (2015)

La proximidad de ambas iglesias y la similitud de sus bóvedas permiten establecer la hipótesis de una construcción simultánea y probablemente de la misma autoría en ambos casos.

Se suman a la relación las bóvedas del crucero de la iglesia de San Martín en Entrena, construida a partir de 1545 (Moya et al. 1975, 2: 106), las que cubren los cuatro tramos de la iglesia del Salvador en Quel, el crucero de la iglesia de Santa Marina en El Cortijo, construido hacia 1554 por Juan de Acha (Moya et al. 1975, 2: 71) y la del segundo tramo de la nave en la iglesia de San Pedro en Cornago, que incorpora puntos angulosos en los combados de los pies de gallo.

Bóvedas similares en otras zonas del norte de España

En Galicia se localiza una bóveda relativamente temprana, en el crucero de la iglesia del monasterio de San Vicente del Pino en Monforte de Lemos, dibujada y analizada por Freire (2011) que señala como fecha de comienzo de las obras 1539.

En la provincia de Soria, al margen de los casos citados anteriormente de las colegiatas de San Pedro y de Berlanga de Duero, hay que mencionar las bóvedas del crucero del Convento de la Merced, del segundo cuarto del XVI y la de la capilla de San Juan Bautista en Gómara, del tercer cuarto del siglo (Martínez 1980, 248-50; 278-80).

En la provincia de Valladolid, en Alaejos otras dos iglesias poseen bóvedas con modelos similares construidas en el tercer cuarto del XVI: La de San Pedro, en la cabecera y en la nave y colaterales del primer tramo, y la de Santa María, en las colaterales del primer tramo, que presentan puntos angulosos en los pies de gallo (Heras 1975, 56-64).

El foco conquense

El otro núcleo, junto al riojano, en torno al que se agrupan bóvedas construidas con la misma disposición de nervios es el correspondiente a Cuenca y más concretamente en torno a la prioral santiaguista de Uclés.

Algunas de ellas, están situadas en la zona de Albacete, algo más alejadas de Uclés. Es el caso de las bóvedas de los tramos tercero y cuarto de la nave en la iglesia de la Asunción en Jorquera, cuya construcción se inició hacia 1520, estando finalizada hacia 1577. A su construcción se vinculan artífices vizcaínos (García-Sauco 2012, 11).

Cerca de ella, en Mahora, el primer tramo de la nave de la iglesia de la Asunción es otro ejemplo temprano, aunque en este caso, las ligaduras se prolongan hasta los nervios perimetrales. La cabecera se realizaría en los primeros años del XVI y en 1531 la iglesia se encontraría prácticamente acabada (García-Sauco, Sánchez y Santamaría 1999, 162-3)

También en Albacete, pero más cercana a Cuenca, la iglesia de San Miguel en Mota del Cuervo posee otros dos ejemplos en las bóvedas que cubren las naves central y del lado de la epístola en el tercer tramo. Según Rokiski (1985, 287) la construcción se inició en los primeros años del siglo XVI y en la década de los 30 intervino un cantero llamado Pedro. Por las características de las bóvedas este cantero pudiera tratarse de Pedro de Alviz que en esas fechas realizó varias bóvedas similares en la zona, según veremos más adelante.

Los hermanos Alviz y Francisco de Luna

Los artífices de la mayoría de las bóvedas similares a las del manuscrito en el ámbito conquense son, los hermanos vizcaínos Juan y Pedro de Alviz y la figura de Francisco de Luna, nombrado maestro mayor de las obras de Uclés en 1929 y suegro de Andrés de Vandelvira. A ellos se deben varias bóvedas construidas de modo prácticamente simultáneo durante los primeros años de la cuarta década del siglo XVI.

Tras ser nombrado maestro mayor, Francisco de Luna construye las bóvedas del tesoro y la sacristía del monasterio de Uclés entre los años 1530 y 1538 (Rokiski 1985, 119-20). Las bóvedas incorporan en sus cuatro lados los combados adicionales que conforman la M (figura 10).

Las trazas de la bóveda de la capilla de la Anunciación en la colegial de San Bartolomé de Belmonte, fueron realizadas por Juan de Alviz en torno a 1531, año de su fallecimiento y fecha del inicio de las obras (Rokiski 1985, 94). Andújar (1986) vincula con la construcción de la colegial a maestros como Francisco de Luna o Andrés de Vandelvira, entre otros.

Casi de modo simultáneo, Pedro de Alviz, hermano de Juan, realizó la traza de la iglesia de San Nicolás de



Figura 10
Francisco de Luna. Bóveda del tesoro. Monasterio de Uclés. Fotografía: García Baño (2012)



Figura 11
Pedro de Alviz. Bóveda del primer tramo de la nave central. Parroquial de Garcinarro (1544-80). Fotografía: García Baño (2014)

Priego en 1531, cuya cabecera estaba ejecutada en 1541 con una bóveda similar en la que se prolongan las ligaduras hasta los nervios perimetrales. No resulta extraño, por tanto, que el licenciado Hernández, provisor general del obispado, designara a Francisco de Luna en 1543 para la tasación de la obra en el pleito que Alviz mantenía contra el mayordomo de la iglesia por motivos económicos (Rokiski 1980, 27).

La iglesia de la Asunción en Pareja, posee otras dos bóvedas con igual disposición de nervios, las que cubren la sacristía y el coro. Según Rokiski (1985, 100) Pedro de Alviz sería el tracista de la iglesia, que comenzó a levantarse en 1521-31 y se terminó hacia 1562-71.

Unos años más tarde, Pedro de Alviz realizó la traza para la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro y fue responsable de su construcción hasta su fallecimiento en 1545. Su viuda traspasó la obra a Juanes de Andute, que había sido colaborador de Alviz y continuó las obras manteniendo su traza (Rokiski 1985, 104). Las bóvedas de los cuatro tramos de la nave central coinciden con el diseño de la bóveda cuadrada del manuscrito (figura 11) y las de las naves laterales presentan el mismo diseño que la de planta perlongada (figura 12). La traza debió realizarse en torno a 1544, pero Alviz apenas pudo comenzar las obras. Respecto a la construcción de las bóvedas, en 1569 solo estaba construida la cabecera y en 1580 las correspondientes a capilla mayor y sus dos colaterales.



Figura 12
Pedro de Alviz. Bóveda del primer tramo del lado del Evangelio. Parroquial de Garcinarro (1544-80). Fotografía: García Baño (2014)

Otras bóvedas en el entorno de Cuenca

Al conjunto de bóvedas similares localizadas hay que añadir dos piezas de la primera mitad del siglo XVI, la capilla mayor de la iglesia de San Gil en Villar del

Maestre y la capilla mayor de la iglesia de la Asunción en la Alberca de Záncara, en la que las ligaduras se prolongan hasta los nervios perimetrales, estando en 1569 a falta de levantar la torre (Rokiski 1985, 272; 319).

Los ejemplos de planta perlongada

El único caso de bóveda construida de planta rectangular que presente la misma disposición de las nervaduras que el dibujo del manuscrito, es el de las naves laterales de la iglesia de Garcinarro. Otras dos de las iglesias estudiadas presentan bóvedas perlongadas que guardan cierta relación con él. Una de ellas es la de San Blas en Villarrobledo, en las naves colaterales del primer tramo, datado en el primer tercio del XVI y vinculado por García-Sauco, Sánchez y Santamaría (1999, 191-5) con artífices toledanos. El diseño de los nervios es bastante similar al del manuscrito, pero las ligaduras se prolongan hasta los nervios perimetrales en ambas direcciones y en el sentido más corto, los terceletes combados no alcanzan directamente el polo, sino una clave secundaria adicional dispuesta en la ligadura.

El otro caso es el de Arenzana de Abajo, de Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte, ya citada por la coincidencia de los cuatro tramos de la nave central con la bóveda cuadrada del manuscrito. Se da la circunstancia de que los dos primeros tramos de las naves colaterales poseen bóvedas rectangulares similares al manuscrito, con la única diferencia de la inclusión en el lado más corto, de contraterceletes que se unen en una clave secundaria adicional (figura 13).



Figura 13
Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte. Bóveda del primer tramo del lado de la Epístola. Iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo (ca.1541). Fotografía: García Baño (2015)

Existe cierto paralelismo entre las iglesias de Arenzana de Abajo y Garcinarro. Al margen de su construcción contemporánea, que comenzó en la quinta década del XVI y se prolongó hasta muy avanzado el siglo, ambas son columnarias, de tres naves con cuatro tramos y coro, pero especialmente la coincidencia de las bóvedas en la nave central y las similitudes entre las de las naves laterales indican una aparente vinculación entre Alviz, Mutio y Solarte, es decir entre las dos zonas principales en las que se utilizaron estos tipos de bóveda.

La transferencia del conocimiento y la vinculación entre los focos riojano y conquense

El análisis transversal de todos los datos recopilados de las bóvedas y de sus autores, permite establecer las relaciones que posibilitaron las líneas de formación y las transferencias de conocimiento entre los maestros, desde el pionero en la inclusión de terceletes combados, Simón de Colonia, a las siguientes generaciones y el modo en que el empleo de los tipos de bóveda incluidos en el manuscrito se fue materializando en los entornos de Cuenca y Logroño.

Una de las vías de difusión del uso de las bóvedas de nervios combados, apuntada por Gómez (1998, 96) es a través de Juan de Rasines, que ocupó el título de maestro de las obras del Condestable de Castilla, sucediendo a Simón de Colonia. A Rasines se debe una de las primeras bóvedas coincidentes con la del manuscrito, la de Berlanga de Duero, proyectada en 1525, además de las bóvedas de Casalarreina. Alonso (2003, 136) sostiene la influencia de la obra de Rasines en los maestros de la siguiente generación en las zonas soriana y riojana.

La continuidad tras Rasines en el empleo del tipo tan concreto de bóveda, queda reflejada en las realizadas por Juan Martínez de Mutio, en solitario, en la colegiata de Soria o conjuntamente con el que fuese su aprendiz y posteriormente su cuñado y colaborador, Juan Pérez de Solarte, en las iglesias de Arenzana de Abajo y Briones.

Juan Pérez de Solarte iniciaría una saga de canteros que emplearon el tipo de bóveda analizado, con sus intervenciones en la iglesia de Anguiano y en el

claustro de San Millán de la Cogolla y las posteriores de sus hijos Juan y Martín en Camprovín.

Una segunda vía tiene su origen en las bóvedas trazadas y construidas por Martín Ruiz de Alviz y su primo San Juan de Arteaga en Santa María la Redonda. Martín Ruiz de Alviz había sido discípulo de Juan de Colonia y tuvo un papel fundamental en la introducción de combados en La Rioja (Barrón 2014, 187). Sus relaciones profesionales con Juan de Rasines están documentadas. Martin Ruiz de Alviz lo presentó como testigo en 1520 en el pleito que mantenía con los parroquianos de la iglesia de Logroño y probablemente Rasines habría tasado el trabajo de Ruiz de Alviz en la iglesia de Zarratón (Barrón 2012, 229-31). La relación entre Alviz y Rasines ratifica la conexión de ambas líneas respecto al ámbito riojano.

Con Martín Ruiz de Alviz, se abrió también la vía hacia de difusión hacia Cuenca. Se ha mantenido la hipótesis de que Martín fuese hermano de Pedro de Alviz y el mismo cantero que aparece documentado en Soria en 1512 (Martínez 1980, 143; Rokiski 1985, 209; Arrúe 2004, 124), lo que resulta bastante verosímil. Los canteros y hermanos vizcaínos Juan y Pedro de Alviz se trasladaron a Cuenca, donde aparecen documentados a partir de 1524 y se sabe que tenían un hermano de nombre Martín (Rokiski 1985, 90-115). Se habrían formado junto a Martín Ruiz en el empleo de los terceletes combados que este había empleado en la Redonda de Logroño y habrían sido los encargados de extender su uso a la zona de Cuenca, donde los emplearon en los primeros años de la década de los 30 en Belmonte y tras el fallecimiento de Juan, Pedro los utilizó en Priego, Pareja y más tarde en Garcinarro. En este sentido el uso en Uclés del tipo de bóveda por parte de Francisco de Luna sería producto del conocimiento que los hermanos Alviz llevaron a Cuenca, en contra de la hipótesis habitual de suponer que fue Luna quien desarrolló un papel significativo en la formación de Pedro de Alviz. La presencia de Martín Ruiz en Soria explicaría la vía por la que llegó allí el empleo de este tipo de bóvedas.

Existen más datos que podrían vincular a Pedro de Alviz con La Rioja. En 1541 un cantero llamado Pedro de Alviz contrató, junto a Martín de Olave, la obra de fábrica del claustro de la catedral de Calahorra (Lekuona'tar 1978, 40). Pudiera tratarse del mismo Pedro de Alviz que trabajaba en Cuenca, zona en la que entre 1535 y 1543 apenas contrató obras nuevas (Rokiski 1985, 103) o bien de algún otro cantero con vínculo familiar o procedente de la misma zona vizcaína, pero resulta significativo que algunas de las bóvedas empleadas en Calahorra respondan al modelo del manuscrito, con la variante de carecer de los nervios cóncavos polares que cierran los lazos, bóveda que los hermanos Alviz habían empleado en el crucero del convento de San Pablo y en la iglesia de Santa María de Alarcón.

El mismo tipo de bóveda aparece simultáneamente con las que coinciden plenamente con los diseños del manuscrito en las dos obras más tempranas que dan origen a la expansión del modelo: La colegiata de Berlanga de Duero, de Juan de Rasines, y la Redonda de Logroño de Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga, así como en San Andrés de Anguiano y en Yuso, de Juan Pérez de Solarte y en Briones de Juan Pérez de Mutio, hecho que parece confirmar la confluencia en el origen de ambas líneas de transmisión y la vía de los Alviz como portadores del conocimiento hacia el ámbito conquense.

Conclusiones

Hay numerosos ejemplos de bóvedas construidas durante el segundo y tercer cuartos del XVI con disposición de nervios análoga a la planteada en el dibujo de bóveda de planta cuadrada contenido en el manuscrito Ms. 12686 de la BNE, que se concentran principalmente en dos zonas geográficas: La primera de ellas en La Rioja, en torno a Logroño y al monasterio de Yuso, la segunda en Cuenca, focalizada en el monasterio santiaguista de Uclés, aunque también se han localizado ejemplos de carácter más aislado en Soria, Valladolid o Lugo.

Respecto al dibujo de la bóveda de planta perlongada, de los ejemplos encontrados, únicamente las de Garcinarro, trazadas por Pedro de Alviz, presentan una coincidencia plena en su disposición de nervios y en otros dos casos, las de Villarrobledo en Albacete y las de Arenzana de Abajo en La Rioja, obra de Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte, poseen una disposición parecida aunque presentan diferencias significativas.

La primera utilización del tipo de bóveda de la que se ha tenido conocimiento es la del crucero de Sª Mª la Redonda en Logroño, de los primos Martín Ruiz de Alviz, discípulo de Simón de Colonia, y San Juan de Arteaga.

La transmisión del conocimiento y la expansión del empleo del tipo de bóveda tienen su origen en el mencionado Martín Ruiz de Alviz y en otro maestro vinculado a Simón de Colonia, el cántabro Juan de Rasines, con sus precedentes en Berlanga de Duero y Casalarreina. Estas dos vías, que parten del tronco común, derivan hacia los dos núcleos principales: El riojano, que comienza con Juan de Rasines y continua con Juan Martínez de Mutio, su cuñado Juan Pérez de Solarte y los hijos se éste, Juan y Martín Pérez de Solarte, y el conquense, con origen en Martín Ruiz de Alviz, que habría llegado al entorno de Uclés con los hermanos Juan y Pedro de Alviz y al que se sumaría Francisco de Luna.[2]

Notas

1. Existen discrepancias entre los distintos investigadores en relación a la escritura del apellido, que aparece como Albiz, Álbiz o Alviz. En los documentos notariales a los que se ha tenido acceso (García 2013) el propio Pedro de Alviz escribe su nombre con v, por lo que en lo sucesivo se adopta esa forma. En la lista de referencias se conserva el modo de escritura de cada autor.
2. Este trabajo se inscribe en el proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento», financiado por del Ministerio de Economía y Competitividad.

Lista de Referencias

Alonso Ruiz, B. 2003. *Arquitectura tardogótica en Castilla. Los Rasines.* Santander: Universidad de Cantabria.

Arrúe Ugate, M. B. 2004. «El sistema 'Hallenkirchen' en La Rioja: de los modelos conservados al singular ejemplo de San Millán de la Cogolla». En *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*, editado por M.C. Lacarra, 115-158. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.

Barrón García, A. 2012. «Sobre las obras de madurez del arquitecto tardogótico Juan de Rasines, 1469-1542». *Berceo*, 162: 229-257.

Barrón García, A. 2014a. «Martín Ruiz de Álbiz y San Juan de Arteaga. La difusión de estrellas y combados en las bóvedas del tardogótico en La Rioja». En *Rehabend 2014. Congreso Latinoamericano*, editado por L. Villegas et al., 187-196. Santander: Universidad de Cantabria.

Barrón García, A. 2014b. «Proceso constructivo del claustro de San Millán de la Cogolla por Juan Pérez de Solarte». *Brocal*, 38: 119-144.

Freire Tellado, M. J. 2011. «Flores en los techos de Galicia: la tracería de las bóvedas nervadas». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editado por S. Huerta et al., 421-430. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

García Baño, R. 2013. *En torno a un cuaderno manuscrito de dibujos de trazados arquitectónicos conservado en la Biblioteca Nacional.* Trabajo final del Máster en Investigación y Gestión del Patrimonio Histórico Artístico y Cultural. Universidad de Murcia.

García-Sauco Beléndez, L. G. 2012. «Iglesias albacetenses de nave única. Del Gótico al Renacimiento». *Guía del patrimonio cultural.* Albacete: Instituto Teológico Diocesano.

García-Sauco Beléndez, L. G.; Sánchez Ferrer, J. y Santamaría Conde, A. 1999. *Arquitectura de la provincia de Albacete: Estudio histórico-artístico.* Toledo: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

Gómez Martínez, J. 1998. *El gótico español de la edad moderna. Bóvedas de crucería.* Valladolid: Universidad de Valladolid.

Heras García, F. 1975. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en la primitiva diócesis de Valladolid.* Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid.

Lekuona'tar, M. 1978. *Idaz-lan Guztiak.* Tolosa: Librería Técnica de Difusión.

Martínez Frías, J. M. 1980. *El Gótico en Soria. Arquitectura y Escultura Monumental.* Salamanca: Universidad de Salamanca.

Moya Valgañón, J. G. 1980. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en La Rioja Alta.* Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.

Moya Valgañón, J. G., et al. 1975. *Inventario artístico de Logroño y su provincia.* Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Palacios Gonzalo, J. C. 2000. «Las bóvedas de crucería españolas, ss. XV y XVI». En *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editado por A. Graciani et al., 743-750. Sevilla: Instituto Juan de Herrera.

Rokiski Lázaro, M. L. 1980. «La cabecera de la iglesia de Priego (Cuenca). Dibujos y tasación». *Cuenca*, 174: 27-34.

Rokiski Lázaro, M. L. 1985. *Arquitectura del siglo XVI en Cuenca.* Cuenca: Diputación de Cuenca. s.n. ca.1545. Manuscrito de cantería. Madrid, Biblioteca Nacional de España, Ms 12.686.

El depósito de aguas de Llanes, Asturias. La primera obra de importancia en hormigón armado sistema Hennebique de José Eugenio Ribera

Mónica García Cuetos

La información contenida en esta comunicación tiene como origen la tesis doctoral en curso que lleva por título «La revolución del arte de construir. La labor del Ingeniero de Caminos José Eugenio Ribera en Asturias (1887-1905)», dentro del Programa de Doctorado en Historia del Arte y Musicología de la Universidad de Oviedo. En ella se propone el análisis de su trabajo en Asturias a través de su obra conservada y el espacio que ocupa ésta en su obra escrita. Hay que recordar que Ribera a lo largo de su vida profesional publicó una veintena de tratados y folletos y 81 artículos en las revistas técnicas más importantes del momento. En esta ingente labor teórica encontramos detalladas crónicas de sus trabajos y los de sus colegas, estudios sobre todo lo nuevo que llegaba, análisis sobre lo construido, con un notable grado de autocrítica cuando se trata de su propia obra, y reflexiones sobre el importante papel del ingeniero constructor en una sociedad que estaba sufriendo profundos cambios.

Esta tesis, a su vez, tiene como punto de partida el trabajo titulado «La palabra y la forma. Las primeras obras del ingeniero José Eugenio Ribera en Asturias a través de sus escritos» que recibió el Premio Padre Patac otorgado por la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno del Principado de Asturias y la Concejalía de Cultura del Ayuntamiento de Gijón en su edición del año 2014.

En concreto, el estudio se centra en los trabajos realizados por Ribera desde su llegada a Asturias en 1887 hasta 1905, año en el que finalizó la cubierta del Tercer Depósito de aguas para el ayuntamiento de Gijón y tiene, entre otros objetivos, definir su papel en la introducción de nuevas técnicas y materiales, especialmente en lo referido al hormigón armado, e identificar sus obras en Asturias que sirvieron como referentes a otras realizadas posteriormente fuera de esta región. Al mismo tiempo, se propone establecer la oportunidad de la utilización de las publicaciones técnicas para el análisis y estudio de las obras de ingeniería desde el ámbito de las Humanidades.

El aprendizaje asturiano

Tras finalizar sus estudios en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, el primer destino profesional del ingeniero José Eugenio Ribera Dutasta (Lisboa 1864- Madrid 1936) será Asturias, incorporándose en julio de 1887 a la Jefatura de Obras Públicas de Oviedo. En realidad este fue algo más que un destino profesional ya que en esta región comenzó su formación tras unos estudios que el mismo consideraba habían resultado poco provechosos (Ribera 1931, 394). El Principado fue de igual forma un auténtico laboratorio de pruebas para Ribera; aquí experimentó con materiales y tipologías constructivas y la labor de inspección inherente al cargo le proporcionó la oportunidad de comprobar sobre el terreno todo lo que en obra pública se estaba realizando.

Su primer trabajo de importancia al servicio del Estado fue el puente metálico de Ribadesella, en el año 1890, donde experimenta el sistema de fundación de palizadas y pilotes metálicos que dio origen a su primer tratado sobre puentes, «Puentes de hierro

económicos, muelles y faros sobre palizadas y pilotes metálicos» (1895). La experiencia adquirida con el trabajo de Ribadesella será vital para uno de sus proyectos más conocidos, el viaducto de Pino en Zamora, proyectado en 1897 y ejecutado en 1914. Se trataba de una obra de gran complejidad técnica y enorme dificultad en el montaje, llevado a cabo, tras un largo proceso de adjudicación, por la empresa asturiana Sociedad Metalúrgica Duro Felguera.

En 1899 Ribera deja el Cuerpo de Ingenieros del Estado y pone en marcha, junto con los hermanos Gomendio, la empresa José Eugenio Ribera y Cía, más tarde Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles, Hidrocivil, con oficinas centrales en Madrid y sucursal en Oviedo. Una empresa con gran solvencia técnica, capacidad para acometer grandes proyectos y que cuenta, en los primeros años, con el respaldo de la todopoderosa organización Hennebique. En ella se formarán ingenieros de la talla de Eduardo Torroja o Ildefonso Sánchez del Río.

Hasta 1905, año en el que realiza su último gran trabajo de su etapa asturiana, la novedosa cubierta del Tercer Depósito para el ayuntamiento de Gijón, Ribera acometió, un buen número de obras en el Principado utilizando el hormigón armado. Con los primeros encargos, principalmente puentes, depósitos y fábricas, tuvo la oportunidad de demostrar la capacidad de ese nuevo material para responder a las peculiares necesidades espaciales de la arquitectura ligada a la industria (Burgos 2009, 287) y a la durabilidad y economía exigibles en la obra pública. Con la Cárcel Modelo de Oviedo, el edificio del Banco de Crédito Industrial de Gijón o el teatro Palacio Valdés de Avilés, introdujo el nuevo material en la gran arquitectura, una apuesta sin duda muy arriesgada para la que era imprescindible el convencimiento que siempre mostró Ribera:

> «…y así como puede decirse que en el siglo XIX la característica de la construcción fue el hierro, también puede asegurarse que en el actual siglo ha de ser el cemento combinado en amigable consorcio con el acero». (Ribera 1903, 125)

El depósito de aguas de Llanes

De entre sus primeros proyectos en los que utilizó el nuevo material en Asturias, Ribera destacaba el depósito de aguas para el ayuntamiento de Llanes (1897), la que consideraba su primera obra de importancia realizada con hormigón armado sistema Hennebique, en la que colaboró con el arquitecto Mauricio Jalvo, otro de los grandes impulsores de ese material. A la afortunada circunstancia de que haya llegado hasta nuestros días en aceptable estado de conservación, hay que añadir la localización de parte de la documentación original (expediente de obra) en el archivo municipal del ayuntamiento de Llanes, lo que ha permitido un estudio más detallado de esta temprana obra en hormigón armado de la que dieron notica publicaciones como *Le Béton Armé* o la *Revista de Obras Públicas.*

> «La primera obra de hormigón armado de alguna importancia que proyecté y dirigí, es el depósito de Llanes» (Ribera 1901, 341)

Así comienza el propio Ribera el artículo publicado en el número de septiembre de 1901 de la *Revista de Obras Públicas*, en el que ofrece una detallada crónica de un trabajo que le permitió ensayar con hormigón armado en una obra completa gracias, sin embargo, a una modificación introducida en el proyecto en cuyo origen había intervenido el hermano del propio Ribera, José Joaquín.

En 1891, José Joaquín Ribera, Ayudante de Obras Públicas, encargado en aquellos momentos de la dirección de las obras del puerto de Llanes, redacta un documento titulado «Memoria sobre el estado actual de las obras de Abastecimiento de agua en esa villa y anteproyectos de los que pudiera realizarse para reparar aquella», dirigido a la corporación llanisca en contestación al requerimiento de ésta para determinar el estado de esa infraestructura y las soluciones que pudieran adoptarse para su necesaria mejora. El expediente conservado incluye plano, memoria y presupuesto, además de la correspondencia intercambiada entre los responsables del consistorio y José Joaquín Ribera, en la que éste deja claro su interés por redactar el proyecto definitivo. Finalmente, el encargo se lo hará el ayuntamiento de Llanes a Rafael Martín Arrue[1] en 1897, año en el que se produce la repentina muerte de José Joaquín Ribera.

Tras el complejo trámite administrativo que conlleva una obra de este tipo, la corporación contrata un empréstito de cien mil pesetas para poder financiar el elevado coste de la infraestructura. Cabe mencionar aquí la importante labor de Egidio Gavito

Bustamante (1829-1910), alcalde de Llanes y gran impulsor de este tipo de iniciativas que modernizaron la villa llanisca, como la nueva traída de aguas o el alumbrado público.

Un año más tarde, en 1898, se incluirá una importante modificación de la que será autor José Eugenio Ribera y que consistirá en un cambio en el material utilizado para la construcción de una de las obras incluidas en el proyecto, el depósito de aguas de Tieve, lugar de emplazamiento de esta infraestructura dentro de la localidad. El documento conservado lleva el título de «Proyecto reformado del depósito de aguas de Llanes con hormigón armado sistema Hennebique» (figura 1).

Como vimos, el encargo supuso para Ribera la realización de la primera obra completa utilizando el material de cuya eficacia se había convencido con el estudio sobre el terreno de obras en Suiza y Francia:

> El interés y la consciente curiosidad con que examinaba las obras de cuya inspección estuve encargado, y el estudio de las primeras construcciones de hormigón armado, que me apresuré a visitar en Suiza y Francia, me hicieron vislumbrar su porvenir en España (Ribera 1931, 395).

Aunque en 1897 había llevado a cabo un primer ensayo sustituyendo un tablero de madera por otro de hormigón armado en un puente en la localidad de Ciaño, en el municipio asturiano de Langreo, será el año 1898 el que resultará crucial para su introducción: realizará con gran éxito un ensayo de resistencia de un piso de hormigón armado en Oviedo que le permitirá participar en las obras de la nueva cárcel de esa ciudad, además de tres puentes incluidos dentro del proyecto de una carretera local para el Ayuntamiento de Mieres. Finalmente llevará a cabo las obras que él mismo consideraría como «las primeras obras de esta clase que se construyeron en España» (Ribera 1899, 124), la fábrica de cemento artificial de la Sociedad Tudela Veguín,[2] promovida por la familia Masaveu, y el depósito de Llanes.

El documento referido a esta modificación, conservado dentro del expediente, se compone de un juego de planos que incluye plantas, alzados y secciones, tanto del cajón como de la casilla de llaves (figura 2).

El depósito está formado por dos compartimentos rectangulares de 15 × 7,5 m con una capacidad de 1.000 m³. Las paredes y techos, en hormigón armado, tienen un espesor de 12cm y se apoyan sobre vigas o contrafuertes, de ese mismo material de 20 × 30 cm (Ribera 1903, 341).

La ejecución de las obras no estuvo exenta de dificultades que pusieron a prueba la capacidad de improvisación de Ribera. La composición del terreno sobre el que se asentaba alternaba la roca caliza dura con grandes balsadas intermedias de tierra arcillosa. Para el apoyo de la estructura se adoptó la solución de una capa de hormigón de Zumaya extendida sobre la roca y, sobre ella, el suelo de hormigón armado. Pero cuando la obra estaba concluida, una grieta en la solera produjo el vaciado repentino de uno de los compartimentos, el apoyado sobre tierra, y esta circunstancia, combinada con unas fuertes lluvias, arrastraron esa tierra, dejando prácticamente en el

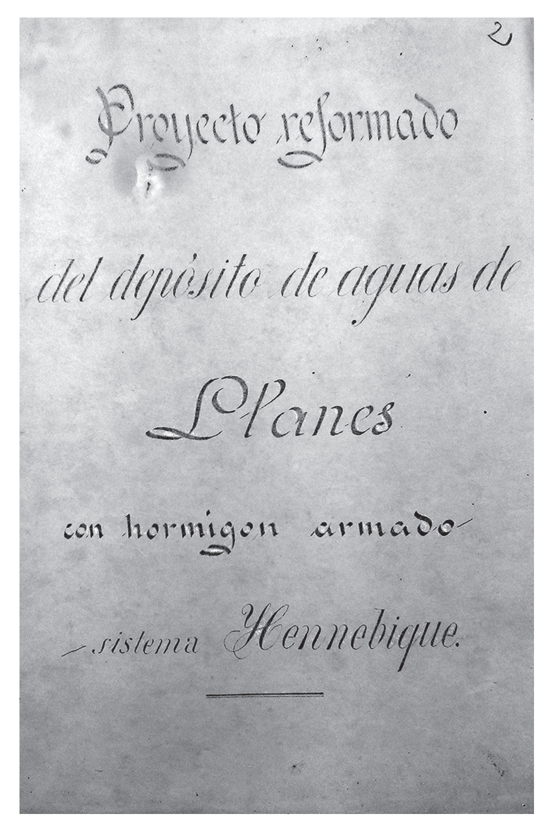


Figura1
Proyecto de reforma del depósito de aguas de Llanes. (Archivo Municipal de Llanes, Asturias)

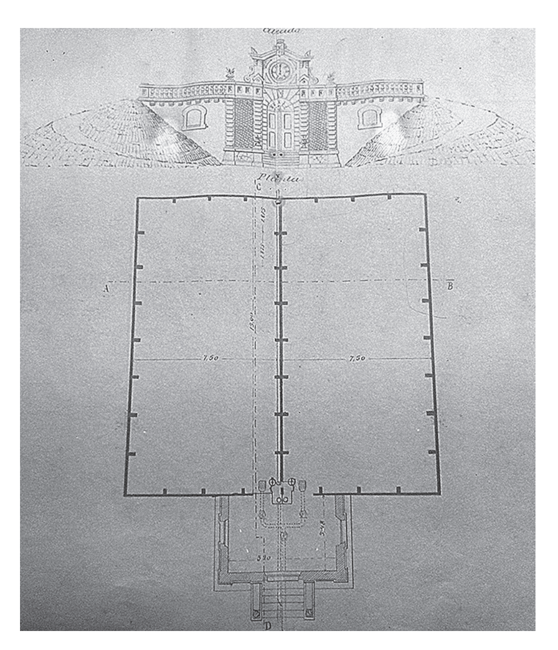


Figura 2
Proyecto de reforma del depósito de aguas de Llanes. (Archivo Municipal de Llanes, Asturias)

aire esa parte de la estructura de apoyo que, en opinión de Ribera, aguantó gracias a la utilización de hormigón armado. Para su reparación fue necesario macizar el hueco que había quedado bajo un banco de roca y rehacer la solera en la parte afectada. Una solución sin duda económica, apenas 4.500 pesetas (Ribera 1901, 343).

Junto al depósito propiamente dicho, lo que sin lugar a dudas destaca dentro de este proyecto, es la llamativa cámara de llaves, tanto por su tamaño, como por el tratamiento de los materiales y elementos decorativos, más propio de la arquitectura culta, y donde, claramente, podemos ver la firma de Mauricio Jalvo, arquitecto y contratista de las obras.[3]

En este sentido es importante resaltar que tanto Ribera como Jalvo contribuyeron con sus obras a despejar las dudas planteadas inicialmente con la utilización del hormigón armado y que provocaron que muchos profesionales de la construcción, especialmente arquitectos, mostraran su rechazo. La aparición de un nuevo material implicaba también la creación de un repertorio decorativo adaptado sus características, un lenguaje propio que le permitiera ir más allá de lo meramente funcional y adaptarse a las demandas de una arquitectura que en aquellos momentos, además, se debatía entre tradición y modernidad.

Una obra de referencia

Para el estudio de esta obra, además del proyecto conservado en el archivo municipal de Llanes, resultó de gran utilidad la consulta de expedientes de obras conservados en otros archivos municipales asturianos, como en caso de las localidades de Mieres y Gijón, para cuyas corporaciones Ribera realizó un buen número de trabajos.[4] La lectura de esos expedientes nos ha permitido comprobar hasta qué punto el de Llanes había sido un referente para trabajos posteriores.

En el expediente titulado «Obras de abastecimiento de aguas. Ayuntamiento de Mieres. Proyecto de reparación del depósito noroeste», encontramos un informe redactado por Ribera, por encargo de la corporación mierense, en el que analiza el origen de las deficiencias detectadas en un depósito de aguas de reciente construcción y plantea distintas soluciones para su reparación. También en este caso se había producido un vaciado repentino debido a las grietas aparecidas por un deficiente asiento sobre el terreno. De las cinco soluciones planteadas dos resultan especialmente interesantes. La primera de ellas consistía en una camisa interior de hormigón armado sistema Hennebique que se aplicaría en los muros en los que habían aparecido las grietas y sobre ella un enlucido Portland para su total impermeabilidad. Para la segunda proponía el revestimiento completo de todos los muros con hormigón armado sistema Monier (Ribera 1988b, 20-26).

Ribera apoya su apuesta por el hormigón armado basándose en su experiencia anterior, especialmente en su trabajo en Llanes donde «…el arquitecto Sr. Jalvo ha construido bajo la dirección del Ingeniero Ribera, que suscribe, el depósito de Llanes de 2.000 metros cúbicos que acaba de inaugurarse solemnemente con completo éxito» (Ribera 1899b, 27).

En el pliego de condiciones facultativas y económicas redactadas también por Ribera, se exigirá al contratista la utilización del sistema Monier, la opción que finalmente fue elegida. Será el propio concesionario del sistema en España, el arquitecto Clau-

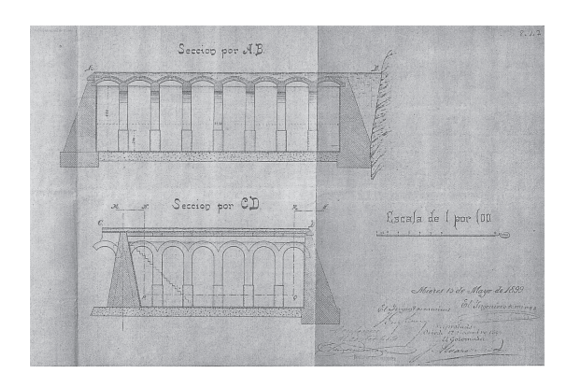


Figura 3
Proyecto de reparación del depósito de aguas de Bazuelo. (Archivo Municipal de Mieres, Asturias)

dio Durán, el que ejecute la obra, como puede apreciarse en las firmas que aparecen en unos de los planos de la obra (figura 3).

En el año 1900 Ribera redacta el proyecto de un depósito de agua de 20.000 metros cúbicos de capacidad para el ayuntamiento de Gijón, en el que plantea de nuevo la utilización de los sistemas Monier o Hennebique, poniendo de ejemplo para el segundo la obra de Llanes. En este caso, además, un cambio sobre ese primer proyecto permitirá a Ribera experimentar con una solución de cubierta desarrollada por él mismo que más tarde aplicará, con nefastas consecuencias, en el Tercer Depósito de aguas del Canal de Isabel II de Madrid (Burgos 2005, 25-48). Se trataba de un sistema de bóvedas rebajadas cuya resistencia midió, como en el caso del piso para la nueva cárcel de Oviedo, con un ensayo de cuyos resultados da cuenta en la memoria del proyecto de Gijón.

Unas modificaciones de carácter presupuestario introducidas durante la ejecución de las obras generaron una agria polémica, con amplia repercusión en la prensa local, entre el arquitecto municipal del momento, Luis Bellido, y su colega de profesión, Mariano Marín. Se ponía en cuestión no sólo los trabajos que se habían ejecutado en el depósito hasta ese momento, sino también la solvencia técnica de Bellido y Ribera. La inclusión en el expediente de las obras de un ejemplar de la Revista de Obras Públicas en el que aparece el depósito de Llanes en primera plana, da muestra de hasta qué punto Ribera tuvo que probar su capacidad para continuar con las obras y, una vez más, el buen resultado del depósito de Llanes le servirá como garantía de solvencia técnica. Como resultado de todo esto el proyecto sufrió importantes retrasos en su ejecución.

La difusión de la obra de Llanes en la prensa especializada

Como se mencionó anteriormente, si importante fue la faceta de Ribera como ingeniero constructor, lo fue igualmente su labor como divulgador, jugando un importante papel sus publicaciones en la difusión de nuevas técnicas y materiales constructivos. Algunas de esas obras, además, fueron concebidas como libros de texto para sus alumnos de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid donde impartió la asignatura de Puentes de Fábrica y de Hormigón Armado durante dieciséis años.

De entre las publicaciones de carácter periódico destaca la Revista de Obras Públicas, órgano de difusión del colectivo de ingenieros de caminos que se viene publicando ininterrumpidamente desde el año 1853. En ella colaboró frecuentemente Ribera y muchas de sus obras ocuparon primeras planas, como la ya mencionada del año 1901.

De igual forma, en los números 6 al 12 del año 1901 de la revista El Cemento Armado, impulsada por el ingeniero militar Ricardo Unciti, aparecen una serie de artículos que más tarde publicará en el folleto titulado «Hormigón y cemento armado, mi sistema y mis obras». Tampoco en este caso faltan las referencias al depósito de Llanes, con interesantes fotografías tomadas durante las obras.

Como agente de la potente organización Hennebique en España, Ribera logró dar noticia de sus primeras obras con este sistema en la revista publicada por la casa francesa, *Le Béton Armé*. Así en el número 20 de enero de 1900 aparece reproducido su proyecto de Llanes (figura 4), y la mención de otras obras como el teatro Palacio Valdés de Avilés.

Estado de conservación actual

El depósito de aguas de Tieve se construyó en un paraje alejado del centro de la villa llanisca, convertido en la actualidad en un área recreativa. Esta situación, lejos del casco urbano, sometido desde hace décadas a una importante presión urbanística, ha facilitado su

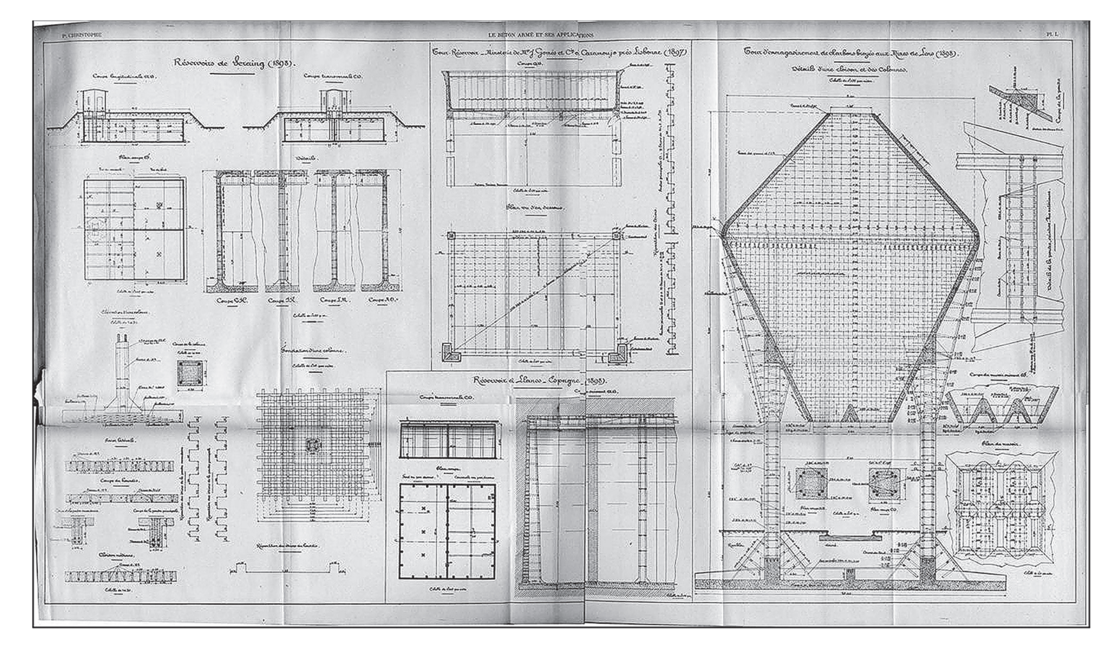


Figura 4
Revista Le Béton Armè, nº 20 Año 1900.

conservación. Después de 117 años aún permanece en pié en un estado de conservación aceptable (figura 5).

La abundante vegetación oculta en gran parte el cajón (figura 6) y la cámara de llaves ha sufrido aparatosas agresiones en forma de grafitis tanto en su exterior como en el interior, lo que aumenta la imagen de degradación (figuras 7-8).



Figura 5
Depósito de aguas de Llanes, fachada principal, cámara de Llaves. (Foto autora 2014)



Figura 6
Depósito de aguas de Llanes. Fachada lateral cámara de llaves. (Foto autora 2014)

El desconocimiento que de esta obra se tiene, impide otorgarle la importancia que se merece, algo extensible a una buena parte de las primeras obras de José Eugenio Ribera en las que utilizó el hormigón armado. Asegurar su conservación pasa necesariamente por su inclusión en el Catálogo Urbanístico de Protección de Llanes con el fin de otorgarle el grado





Figuras 7-8
Depósito de aguas de Llanes. Interior cámara de llaves. (Fotos autora 2014)

de protección que merece en su condición de ejemplo temprano de utilización de ese material en nuestro país.

Conclusiones

En conclusión cabe pensar que la obra de Llanes fue una magnífica oportunidad para Ribera de experimentar con un nuevo material, el hormigón armado, convirtiéndose una vez finalizada su construcción, en referente constante para justificar su aplicación en posteriores trabajos.

De igual forma, la asociación con Mauricio Jalvo inició una serie de colaboraciones de Ribera con arquitectos de renombre que le permitieron ampliar el campo de aplicación del nuevo material, además de incorporarse a obras de gran prestigio. Centrándonos en su estancia en Asturias, aquí colaboró con los mejores profesionales del momento, como el mencionado Luis Bellido (Edificio del Banco de Crédito Industrial de Gijón), Nicolás García Rivero (Cárcel Modelo de Oviedo) o Manuel del Busto (teatro Palacio Valdés de Avilés) entre otros.

Notas

1. Rafael Martín Arrue ocupaba en ese momento el puesto de Ingeniero Jefe de Obras Públicas de Palencia.
2. Cementos Tudela Veguín es la primera de las fábricas de cemento artificial puestas en marcha España y que contribuyeron a la difusión del hormigón armado en nuestro país. En este caso Ribera colaborará con el ingeniero industrial Buenaventura Junquera, a la sazón director de la cementera. Ambos diseñarán la factoría y todos los elementos necesarios para el proceso productivo, utilizando, como no podía ser de otra manera, el hormigón armado en aquellos en los que el nuevo material se había mostrado más eficaz, como en el caso de los silos para el almacenamiento del producto terminado.
3. Mauricio Jalvo Millán obtiene su título en 1892, en la Escuela de Arquitectura de Madrid. La colaboración con uno de sus profesores, Federico Aparici, en las obras de la Basílica de Covadonga podría explicar su presencia en Asturias en estos años.
4. Es especialmente llamativo el caso del archivo de Mieres donde se conservan 24 expedientes de obra en las que participó Ribera entre los años 1884 y 1901 y que incluyen certificaciones, reparaciones y proyectos de obra nueva.

Lista de referencias

Burgos, A. 2005. «El desastre del Tercer Depósito, cien años después». *Revista de Obras Públicas,* 3458: 25-48. http://ropdigital.ciccp.es/detalle_articulo.php?registro=18428&anio=2005&numero_revista=3458

Burgos, A. 2009. *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid: CEDEX-CEHOPU

Le Béton Armè 1901 http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/000/895/607/RUG01-000895607-1900-026_2011_0001_AC.pdf

Ribera, J.E. 1898. *Proyecto reformado del depósito de aguas de Llanes con hormigón armado sistema Hennebique*. Archivo Municipal de Llanes

Ribera, J.E. 1899a. «Hormigón armado». *Revista de Obras Públicas*, 1.228: 123-24 http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1899/1899_tomoI_1228_02.pdf

Ribera, J.E. 1899b. *Obras de abastecimiento de aguas. Ayuntamiento de Mieres. Proyecto de reparación del depósito noroeste*. Archivo Municipal de Mieres

Ribera, J.E.1900. *Proyecto de construcción de un nuevo depósito de 20.000 metros cúbicos de capacidad para el abastecimiento de aguas para la Villa de Gijón*. Archivo Municipal de Gijón

Ribera, J.E. 1901. «El depósito de hormigón armado de Llanes». *Revista de Obras Públicas,* 1.357: 341-44 http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1901/1901_tomoI_1357_01.pdf

Ribera, J.E. 1902. *Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras*. Madrid

Ribera, J.E. 1903. «Conferencia en el Ateneo sobre construcciones modernas de hormigón armado». *Revista de Obras Públicas*, 42: 125-33 http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1903/1903_tomoI_42.pdf

Ribera, J.E. 1931. «En mi última lección, establezco mi balance profesional». *Revista de Obras Públicas,* 2.582: 394-401 http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1931/1931_tomoI_2582_02.pdf

Ribera, J.J. 1891. *Memoria sobre el estado actual de las obras de Abastecimiento de agua en esa villa y anteproyectos de los que pudiera realizarse para reparar aquellas.* Archivo Municipal de Llanes

Paraboloides hiperbólicos en España. Las aplicaciones industriales

Rafael García García

Los ejemplos que aquí se tratan corresponden fundamentalmente a construcciones de paraboloides no singulares, es decir aquellas en las que se buscó una optimización y economía basadas generalmente en la repetición, y que corresponden a aplicaciones en edificaciones industriales. Para éstas, la década de los años 60 fue un periodo en que los paraboloides de hormigón se mostraron competitivos con otras soluciones, iniciando un cierto despegue en su aplicación en España. No se considerarán aquí por tanto las realizaciones más expresivas o artísticas con paraboloides hiperbólicos surgidas fuera del ámbito utilitario o industrial y a las que se les ha prestado habitualmente más atención en diferentes publicaciones.[1]

Anticipando el contenido a desarrollar, las soluciones más habituales serán los paraguas de hormigón, tanto horizontales como inclinados. No obstante, como veremos, también en algunos casos las soluciones industriales alcanzaron cierta excepcionalidad apartándose de las más repetidas o estándar. Ésta últimas encontrarán su lugar y su tratamiento particularizado en la parte final de este trabajo.

Nuestro estudio solo toma en consideración las soluciones encontradas o publicadas, siempre casos construidos, ya que el objetivo es el análisis de lo efectivamente realizado en este campo. Se contrapone en cierto sentido y es complementario por tanto a las exposiciones teóricas o especulativas acerca de lo factible con paraboloides hiperbólicos, normalmente con gran énfasis en sus posibilidades de combinatoria geométrica.

La realización práctica

Como se ha adelantado, en España la solución más habitual y difundida para cubrición de espacios extensos y diáfanos con paraboloides fue el característico paraguas de hormigón, conformado por cuatro paraboloides de bordes rectos formando un cuadrado con un único soporte en su centro. Cada paraboloide cuadrante tiene dos bordes horizontales y otros dos inclinados convergentes en el soporte (figura 1). La configuración así constituida es fácil de repetirse por yuxtaposición, dando lugar a cubiertas con posibilidad de extenderse en las dos direcciones y su forma desde el interior, lisa, suavemente alabeada y descendente hacia el centro, conforma su rasgo más típicamente diferenciador a la vez que de interés estético.[2]

Una idea general de sus características y ventajas nos la ofrecen los arquitectos José Enrique Ruiz-Castillo y Ricardo Urgoiti fundadores de Construcciones Laminares S.L., empresa de referencia en España dedicada a este tipo de estructuras y con la que se realizó un importante conjunto de obras por todo el país.[3] Ambos arquitectos la fundaron tras un periodo de estudio en México con Félix Candela, especializándose en ellas a su regreso.

> Siendo estudiantes nos llamaron especialmente la atención las espectaculares obras de Félix Candela. Al terminar nuestros estudios la Fundación Juan March nos concedió una beca para trasladarnos a México y familiarizarnos allí con los problemas de cálculo y ejecución de estas nuevas formas estructurales.

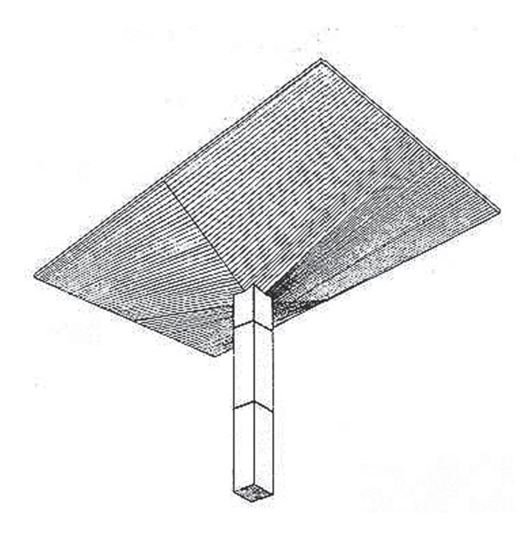


Figura 1
Paraguas base formado por cuatro paraboloides (López Diaz 1977: 50)

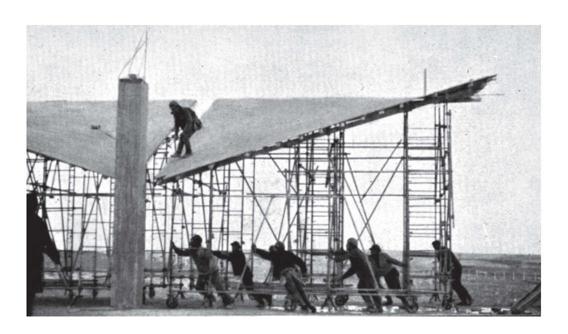


Figura 2
Encofrado y cimbra rodante (Ruiz-Castillo 1966: 31)

> Durante cuatro meses abusamos de la amabilidad y sentido pedagógico de Félix Candela, que puso a nuestra disposición todos los datos referentes a sus trabajos; nos orientó en el cálculo de nuevas estructuras y acompañó a sus obras. (Ruiz-Castillo y Urgoiti 1964: 32)

A través de dicha empresa actuaron en ocasiones como autores de los proyectos pero en otras solo como consultores o como contratistas. En dos artículos publicados en las revistas *Arquitectura* (Ruiz-Castillo y Urgoiti 1964) y *Hogar y arquitectura* (Ruiz-Castillo 1966) expusieron sus principales consideraciones sobre los paraguas formados con paraboloides.

Entre las ventajas por ellos señaladas estarían: economía por el poco peso debido al reducido espesor material de la lámina y, consiguientemente, sencillez y ligereza de la cimbra inferior; armados de una sola capa; notable rapidez de ejecución y desagüe óptimo por el centro sin necesidad de canalones. Todo ello, no obstante, y siguiendo a los mismos autores, supeditado al afinado en el cálculo, al estudio de la organización de la obra y al correcto control de la ejecución, que serían esenciales para este tipo de obras. En su opinión, requerían no solo un importante nivel de especialización de sus técnicos, sino también una gran concentración del esfuerzo profesional: «La persona capaz de diseñar láminas, debe dedicarse de lleno a ello abandonando muchos otros trabajos que le distraen de esta especialidad». (Ruiz-Castillo 1966: 37)

Respecto a su rango de aplicación, recomiendan un tamaño máximo de 200 m^2 – superficies mayores conllevarían grandes volúmenes inútiles por su curvatura y obligarían a nervios en los bordes – haciendo la distinción entre obras pequeñas (superficie menor de 2500 m^2) y grandes (mayor de 2.500 m^2). Esto último tendría consecuencias en cuanto al número de cimbras desplazables a utilizar, fijadas en dos en las obras pequeñas y tres en las grandes. Cada cimbra móvil correspondería a un cuarto de paraguas soportándose en 8 ruedas de goma rodando sobre la solera acabada (figura 2). La superficie de encofrado se formaría con tablillas de 5 cm.[4] Mediante acelerantes de fraguado el desencofrado se realizaría a las 36 horas y a su vez, la doble curvatura sería un factor que facilitaría asimismo el desencofrado. En sus detalladas descripciones, y a modo de ejemplo, proporcionan un plan de obra con indicación de rendimientos y detalles de ejecución sobre la experiencia de obras realizadas (Ruiz Castillo y Urgoiti 1964: 33). En los comentarios de una obra concreta (Barajas) refieren un plazo de ejecución de un mes para la cubrición de 2.160 m^2 (18 paraguas de 12 × 10 m).

Pese a lo anterior indican también que este tipo de obras aceptan importantes tolerancias de ejecución, siendo mucho más importantes que el estricto control de espesores la buena concepción y la planificación de las operaciones. Por otra parte, como destacada variante describen la disposición de paraguas con dos

lados inclinados, conformando así naves en diente de sierra, de las cuales tendrían también amplia experiencia. En ellas además, «La iluminación que se consigue en el interior de la nave es de una intensidad y uniformidad excelentes» (Ruiz-Castillo y Urgoiti 1964: 34). Paraguas de bordes horizontales y en diente de sierra conforman por tanto los dos tipos estándar que trataremos a continuación.

Naves con paraguas horizontales

En las observaciones realizadas a partir de ejemplos publicados o existentes con paraguas de esta clase en España hemos encontrado que el rango de superficies cubiertas por elemento osciló entre los excepcionales 324 m² (18,5 × 17,5 m)[5] en del concesionario de automóviles en Miller Bajo, Las Palmas, obra del arquitecto Luis Fernando López Díaz y el más reducido de dimensiones aproximadas 9,25 × 8,75 m y construido curiosamente en un ángulo de esa misma cubierta (López Díaz 1977) (figura 3).[6] Ordenados por superficies (aproximadas) los ejemplos analizados, obtenemos la siguiente relación:

superficie (m²)	dimensiones (m)	estructura
324	18,5 × 17,5	Miller Bajo
196	14 × 14	Kas
162	18,5 × 8,75	Miller Bajo
180	22,5 × 8	Oliva
150	15 × 10	Frigo
144	16 × 9	Fuentes de Oñoro
100	10 × 10	Madofa / Butano Villaverde
81	9,25 × 8,75	Miller Bajo

Es interesante también apreciar que las proporciones de los rectángulos cubiertos varían entre los valores 1:1 (cuadrado o casi en tres ejemplos) y 2,8: 1 en su caso más extremo. Éste último es el correspondiente a las naves de la fábrica de refrescos en Oliva, Valencia, de los arquitectos Pablo Pintado e Ignacio Faure, con módulos de 8 × 22,5 m. En esta fábrica se cubrió una de las mayores superficies con paraboloides, con 26 unidades en dos naves (20 + 6), todos horizontales, y una superficie total de 4.700 m².[7] Puesto que las dimensiones de la planta cubierta por módulo coinciden con las de la trama de soportes, la anterior relación nos indica también el ámbito de luces cubierto. La recién descrita tuvo por tanto, la excepcionalidad de separar los soportes 22,5 m, creando crujías paralelas singularmente anchas en este caso (figura 4).

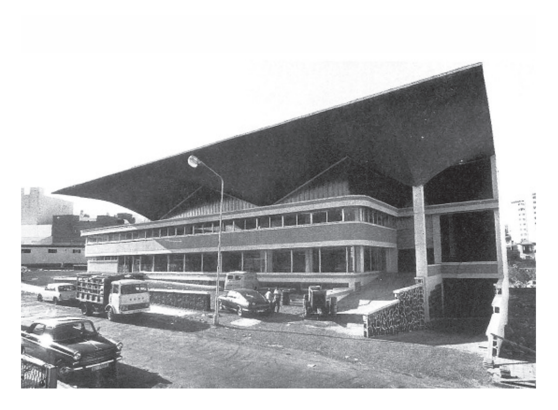


Figura 3
Concesionario en Miller Bajo, Las Palmas (López Díaz 1977: 45)

Por otro lado debe indicarse que solo una parte de los paraguas construidos fueron rigurosamente laminares, apareciendo en muchos de ellos, normalmente en los más grandes, importantes nervaduras y refuerzos en su extradós. Estos fueron necesarios en función de las tensiones en bordes libres y valles originadas por el tamaño y la esbeltez. A partir de determinados límites dichas tensiones no se podían absorber dentro del espesor de la lámina y se requirieron los nervios de refuerzo, normalmente a tracción en los bordes y a compresión en los valles. En



Figura 4
Fábrica de refrescos en Oliva (Pintado y Faure 1966: 17)

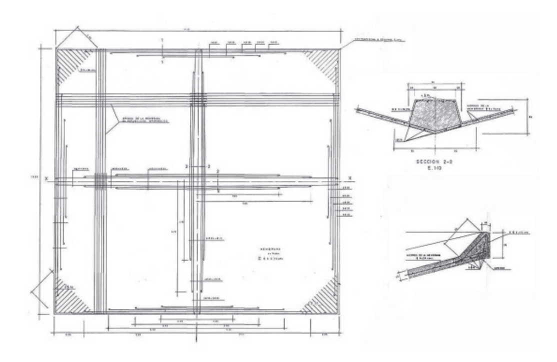


Figura 5
Planta ejemplo elemento base con refuerzos de armado en bordes y valles, y detalles nervios resultantes (López Díaz 1977: 50)

sus ejemplos más extremos emergen ostensiblemente de la lámina, situándose conjuntamente en los bordes y en forma de cruz sobre la planta (figura 5). En estos casos se obligó además a un relleno en el centro para hacer posible el desagüe en un único punto centrado sobre el soporte. En todas se mantenía sin embargo, la lisura característica de su parte inferior. Evidentemente, aparte de saltarse el prurito de la estricta «laminaridad», esto tenía repercusiones en el coste frente a la sencillez de encofrado y ejecución de las soluciones sin nervios. No parecen apreciarse o apenas sobresalen estos refuerzos, por ejemplo, en los realizados por la empresa Construcciones Laminares.

Otro aspecto de interés está en la esbeltez o peralte de los paraguas, es decir, la relación entre los lados y el canto (altura desde el centro a los bordes), característica ésta que marcaría en gran parte el grado de «atrevimiento» y la sensación de liviandad y delgadez de los mismos. Es evidente que el carácter más o menos alargado de la planta influye en la esbeltez aumentándola en una dirección y disminuyendo en otra.[8] No obstante, es llamativo que son algunos de los primeros ejemplos construidos de que tenemos referencia los de mayor esbeltez, en un aparente deseo de situarse ya casi desde el principio al límite de las posibilidades constructivas. Es el caso por ejemplo del paraguas único construido en la gasolinera del puesto de aduanas de Fuentes de Oñoro, Salamanca firmada por el arquitecto Julián Navarro Gutiérrez, con planta de 16 × 9 m (144 m^2) y canto de 1,1 m (Navarro 1961). Esta cubierta, por su fecha de publicación una de las primeras de este tipo construida en España, da una esbeltez de 14,5 y 8,2 respectivamente en las dos direcciones, bastante por encima de los aproximadamente 6 que se verán después como media en las soluciones más estándar. A ello hay que sumar la extrema sensación de ligereza derivada el reducido espesor de 4 cm, aumentado a 5 en el borde para alojar armaduras de refuerzo, todo ello sin nervaduras en el extradós (figura 6).[9]

También notables por su esbeltez y ejecución relativamente temprana, son los paraguas de la antigua

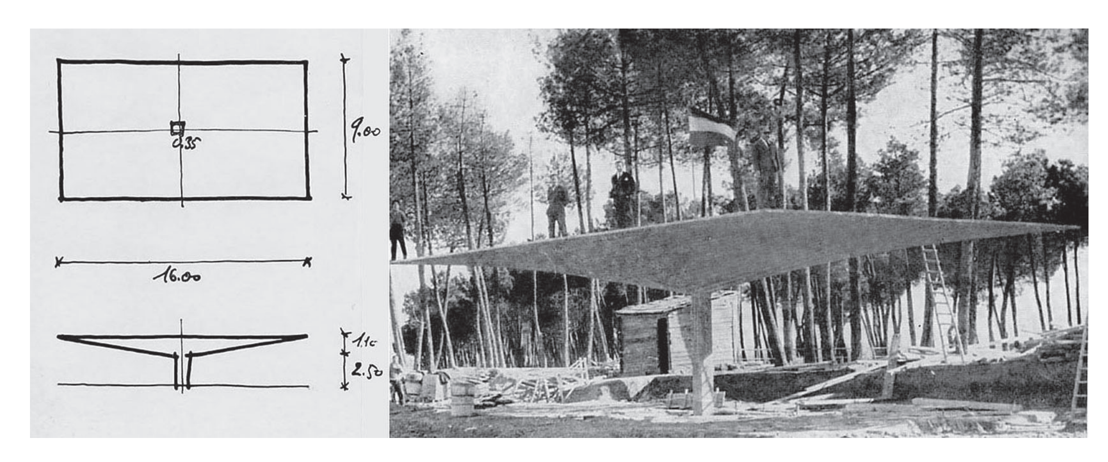


Figura 6
Fuentes de Oñoro, dimensiones y evidencia de su resistencia tras el desencofrado (Haro 1963)

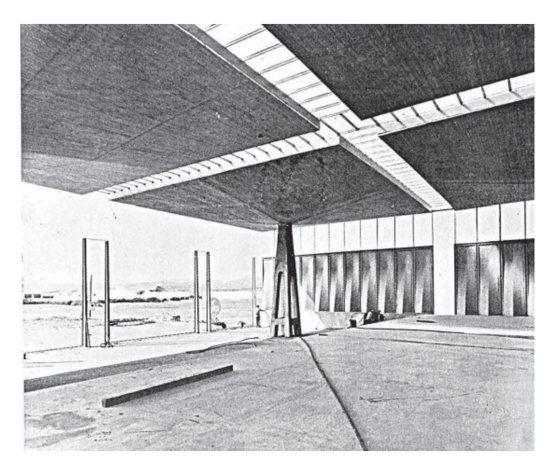
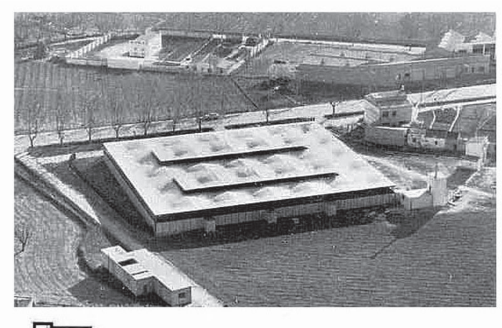


Figura 7
Refrescos Knörr Elorza (Kas). Montaje cerramiento y modulación (Fargas y Tous 1964: 25)

fábrica de refrescos Kas en Vitoria (hoy convertida en tanatorio) de los arquitectos J.M. Fargas Falp y E. Tous Carbó (Fargas y Tous 1964; Fargas y Tous 1965). Con 20 unidades de 14 × 14 m (196 m^2) se cubría una planta en L de 3.600 m^2 con la particularidad de que cada elemento estaba separado del resto dejando cesuras acristaladas en el techo para iluminación. El módulo base de todo el proyecto era de aproximadamente 1,27 m, justo el ancho de la indicada separación, correspondiendo 11 módulos al lado de cada paraguas (figura 7). Con un canto deducido a partir de planos de 1,15 m la esbeltez es de 12, muy notable para una planta cuadrada.[10] Sin embargo, la inspección de su extradós delata nervios en cruz que en realidad pueden considerarse prácticamente tirantes al mantener la horizontalidad en su parte superior.[11] Con dicha esbeltez (aunque conseguida quizás de forma no ortodoxamente laminar) el resultado interior es espectacular, a lo cual colabora también el efecto estético de las bandas de luz en el techo y los especiales soportes cuatripartitos inclinados reunidos en el punto de apoyo. En el que es quizás el ejemplo más logrado de expresividad de paraguas sencillos con paraboloides encontrado en España, ha de resaltarse además la clara percepción de independencia de los paraguas respecto a los cerramientos, ya que lógicamente son auto-estables y no cargan sobre ellos. En este caso dicho carácter de independencia queda subrayado por las grandes bandas acristaladas horizontales continuas con que se remata el cerramiento y que enfatizan aún más el efecto «aéreo» de la solución desde el interior.[12] Debido a la presencia de un entresuelo en parte de la planta, las posibilidades de visión interior de los paraguas son además singularmente variadas, al poder contemplarse desde diferentes alturas.

A modo de comparación, una solución que frente a la anterior puede considerarse más típica –y por tanto de más reducidas dimensiones–, podría ser la de los 10 paraguas horizontales del centro de distribución de gas Butsir en las cercanías de Villaverde Bajo, Madrid, con elementos de 10 × 10 m y realizada por Construcciones Laminares (Azpiazu y Carazo 1968). Con proyecto del arquitecto José Ramón Azpiazu y del ingeniero Bernabé Carazo, la esbeltez estimada a partir de los planos de su publicación, es tan solo de 6,5. Esas mismas dimensiones de elemento (10 × 10 m) son las de la fábrica Madofa S.A. en Vilafranca del Penedés, Barcelona, con 30 unidades cubriendo una planta de 60 × 50 m y esbeltez y espesores similares: 6,1 y 6 cm de espesor medio, respectivamente (Cosp 1965). No obstante, ésta presenta la singularidad de que dos bandas paralelas de 4 unidades cada una en su interior están elevadas sobre el resto a fin de proporcionar iluminación natural. La solución pese a su sencillez ofrece una combinación única no repetida en ningún otro ejemplo de paraboloides horizontales que hayamos encontrado (figura 8). Además vuelve a aparecer la banda superior continua de acristalamiento en fachada que además de realzar la auto-estabilidad de los paraboloides, posibilita, al igual que en la fábrica Kas, su visión por transparencia desde el exterior, especialmente de noche y con iluminación artificial.[13]

Respecto al efecto de «vuelo libre» tan característico de estas soluciones, lógicamente éste es especialmente apreciable en los ejemplos de paraguas exentos sin cerramiento como ocurre en los citados de Fuentes de Oñoro o en la planta de llenado de gas Butsir. No obstante también es muy notable en ejemplos en que los grandes paraguas rebasan la superficie encerrada, quedando los paraboloides en gran parte al aire y volando literalmente sobre las fachadas. Este efecto puede apreciarse muy nítidamente por ejemplo en el caso del concesionario de automóviles en Miller Bajo, más arriba mencionado (figura 3), y también en la fábrica de helados Frigo que estudiaremos más adelante (figura 14), ambos del mismo arquitecto.



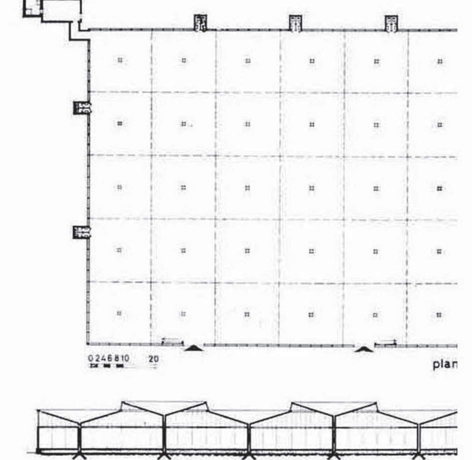


Figura 8
Madofa. Vista aérea y planta incompleta (Cosp 1965: 24).

Sheds laminares

La solución de paraguas inclinados a efectos de conformar naves en diente de sierra tiene, en la mayoría de sus ejemplos encontrados, la firma de Construcciones Laminares. De hecho, un ejemplo tipo a modo de propuesta comparativa con otras soluciones es presentado en uno de los artículos mencionados de Ruiz-Castillo (1966). Se trata de un caso de dimensiones relativamente reducidas –8 m de lado– y muy poca esbeltez –8 m / 2,125 m = 3,76– y por ello sugerido presuntamente como solución económica, aunque con un acusado desnivel de 1,75 m entre bordes opuestos. Este desnivel es por tanto la altura libre para el lucernario vertical entre paraboloides. Se señala igual que para los casos horizontales un espesor de losa de 4 cm, aunque el dibujo muestra en sección una variación continua de espesor desde el centro hacia el borde, más afilado. También es de destacar que la cimentación propuesta es resuelta de forma laminar con paraguas invertidos, pero ahora con un espesor indicado de 15 cm. La práctica de este sistema de cimentación es visible también en los planos de la fábrica Madofa, antes mencionada.[14]

Ejemplos con paraguas-shed, todos ellos con intervención de Construcciones Laminares, son: la nave-taller de la escuela de formación profesional de los PP. Salesianos en la calle Hermanos García Noblejas, Madrid; una nave en el polígono industrial de Barajas, Madrid, esquina calles Diciembre y Agosto y otra en Alcobendas, Madrid, calle Sepúlveda c/v calle Electrónica.[15] También con paraguas inclinados está la fábrica Tecosa en La Carolina, Jaén, avenida de Barcelona, aunque en este caso realizada por Agromán y Construcciones y Cubiertas, S.A.

De todas las anteriores, la de paraguas más pequeños es la escuela de Salesianos del arquitecto Miguel Oriol (Ruiz-Castillo y Urgoiti 1964). La nave comienza con un grupo de 6 unidades horizontales (3 × 2) de 11,40 × 7,50 m y se continúa con 18 unidades inclinadas (3 × 6) de 11,40 × 10 m situadas a un nivel más bajo que las anteriores y formando la verdadera shed (figura 9). El final, tal como fue publicado, lo forman otras 3 unidades inclinadas, de nuevo más altas para albergar un altillo interior, aunque se aprecia la adición posterior de otras cuatro unidades de 11,40 × 7,50 m, no reflejadas en el artículo.[16] Estas son aún más elevadas, conformando dos volúmenes inclinados contrapuestos en el extremo norte. Para las unidades mayoritarias, cuyo punto de apoyo se sitúa a 4 m de altura, el espesor es de 4 cm, apreciándose no obstante en el dibujo, un afilado de la sección similar al indicado en la propuesta tipo antes comentada. El lado inclinado es el menor (10 m) y la esbeltez 5,9. El desnivel entre lados es 1,40 m correspondiente como ya se indicó, a la altura de lucernarios. Aunque el cerramiento es de paños de ladrillo, también se pretendió dar a entender la naturaleza independiente de la cubierta respecto de la fachada. Por una parte se rasgaron huecos verticales que fragmentan el muro y lo hacen poco adecuado como elemento resistente, y por otra se han dejado en su coronación triángulos acristalados bajo el borde de la lámina que indican así mismo su independencia a la vez que mejoran la iluminación.

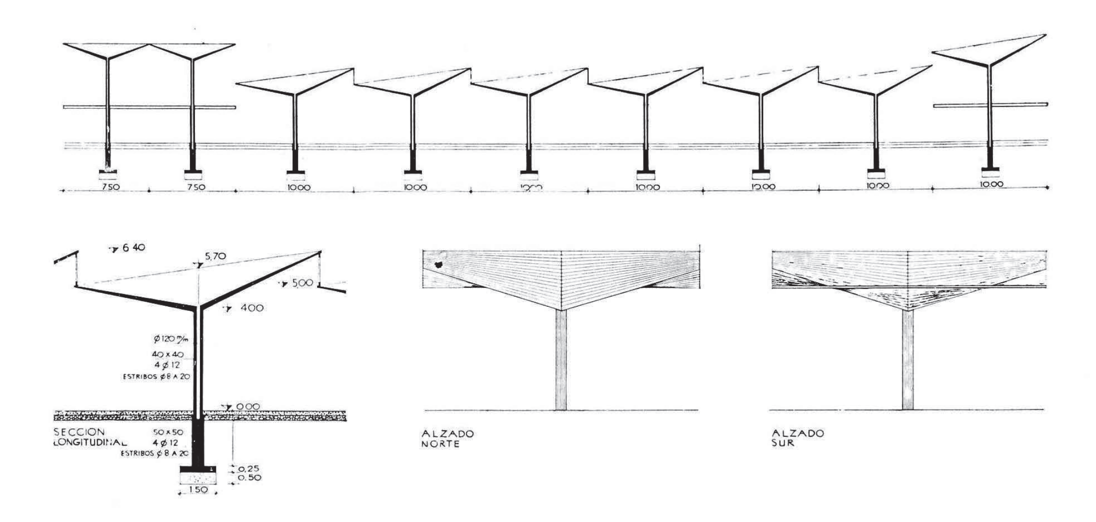


Figura 9
Escuela de Salesianos, sección longitudinal y paraguas base (Ruiz Castillo y Urgoiti 1964: 34)

La nave de Barajas está formada por 18 elementos (3 × 6) de 12 × 10 m también con el lado menor inclinado. Las fachadas laterales, hoy bastante alteradas, son también de ladrillo, pero aunque revisten todo el diente de sierra, ofrecen así mismo alguna indicación de la independencia de la cubrición: en la planta baja hay un ventanal horizontal continuo y en la primera una sucesión totalmente regular de ventanas horizontales pero sin concordancia con el ritmo de la cubierta. Algo mayores, 12,5 × 12,5 m, los elementos de la nave de Alcobendas, firmada por el arquitecto Enrique Nuere, conforman un rectángulo de solo 8 unidades (2 × 4). En dicha nave vuelve a verse el acristalamiento continuo coronando las fachadas por encima de un cerramiento ciego. Finalmente, la nave de Tecosa en la Carolina, de los arquitectos Fernando Higueras y Antonio Miró, es la de elementos mayores (15 × 10 m) cubriendo una planta también rectangular de 20 unidades (5 × 4) (Higueras, Miró 1970). También aquí es el lado menor el inclinado, presentando una solución de fachadas laterales similar a la escuela Salesiana de Madrid. La excepción la ofrece la primera fila de elementos, algo más elevada que el resto y que actúa de cubrición del cuerpo delantero de dos pisos para administración y servicios, volando además ligeramente sobre su fachada principal.

Variaciones

Entre las soluciones singulares de paraboloides hiperbólicos de carácter industrial o utilitario encontradas que se apartan de las de tipo estándar o repetitivo de paraguas simples, un caso especial por su función representativa lo fue la marquesina de la hoy desaparecida (en 2007) factoría Gabilondo y Cía en Vitoria construida en1963 por el arquitecto Ignacio Lasquibar. Su planta, levemente trapecial, estaba cubierta por dos paraguas ligeramente inclinados de aproximadamente14 × 5 m apoyados en soportes centrales redondos y tocando las láminas la fachada en sus dos bordes traseros, situados más bajos. Aunque puede verse como un nuevo caso de paraguas simples, lo resaltable y singular serían los sutiles matices indicados, como las inclinaciones o la forma en planta, que junto con el leve desplazamiento desde el centro hacia atrás de los soportes, reforzaban la expresividad y carácter de acogida de este porche laminar.

Con una solución totalmente distinta se resolvieron las cubiertas para una estación de servicio en Oliva, Valencia, del arquitecto Juan de Haro (Haro 1963). La singularidad estriba en que se trata de unidades de paraboloides de planta cuadrada pero apoyados exclusivamente en dos de sus vértices. Son por

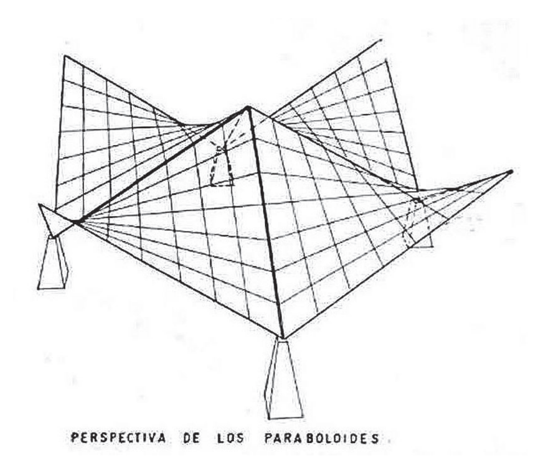


Figura 10
Gasolinera en Oliva. Conjunto central de cuatro unidades (Haro 1963: 31)

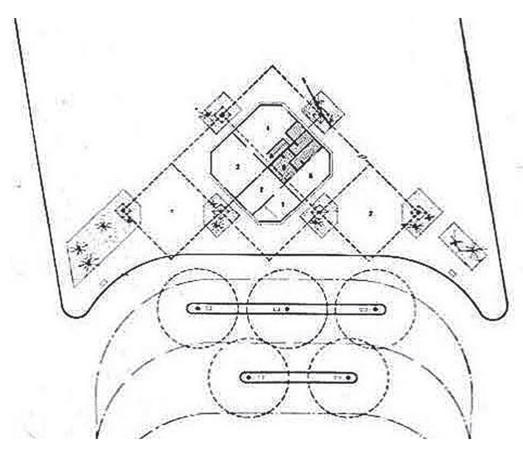


Figura 11
Gasolinera en Oliva. Planta con las seis unidades (Haro 1963: 30)

tanto unidades delimitadas por bordes rectos conformando cada una un cuadrilátero alabeado equilátero. A su vez, cada paraboloide se une al contiguo por un lado reuniéndose en total cuatro en la parte central y con otros dos sobresaliendo simétricamente del cuadrado formado por los cuatro anteriores (figuras 10 y 11). Seis elementos en total que producen dentro de su sencillez un efecto de notable variedad. El lado estimado es de 7,5 m, con lo que se producen vuelos aproximados de 5,3 m (longitud de las semidiagonales) marcados por las formas puntiagudas y en elevación de los bordes libres. La altura de los vértices libres respecto a los de apoyo es también de 5,3 m. Estos paraboloides estaban apoyados en seis soportes en tronco de pirámide de altura algo inferior a 2 m, y servían de porches y cubrición de la parte cerrada de la gasolinera, dejando para la parte de vehículos una solución diferente y también singular formada por cinco «setas» autónomas, aunque sin conexión con lo laminar al ser concebidas como placas circulares horizontales.[17]

El cierre de este apartado lo proporciona la estructura correspondiente a la fábrica Frigo situada en Jinámar, Las Palmas de Gran Canaria, y que incluye paraguas convencionales junto con una nueva configuración original compuesta de doce paraboloides unidos entre sí en diferentes disposiciones. Con diseño del arquitecto Luis Fernando López Díaz (1970; 1974) y la intervención de Ramón Ramos Steffens en el cálculo de la estructura,[18] las unidades convencionales eran 12 separadas en dos partes (8 y 4) como cubrición de naves para cartonaje y materias primas respectivamente y con dimensiones por elemento de 15 × 10 m, todas ellas de tipo horizontal. Entre las mismas se situó la nave de producción, formada por una única cubierta cuadrada de 30 × 30 m soportada por cuatro únicos soportes remetidos, la cual conformaría la solución de paraboloides más singular de cuantas parecen haberse construido en el ámbito industrial en España (figura 12).

Dicha cubrición se constituye con una parte central formada por cuatro paraboloides «en pabellón», o sea formando dos líneas de coronación horizontales y cruzadas y con sus puntos más bajos en las esquinas coincidiendo con los apoyos, y otra en el perímetro con otros ocho en torno a los anteriores creando el vuelo de dicha estructura.[19] Estos últimos también se definen como cuadriláteros alabeados y su geometría permite evolucionar desde los bordes inclinados del pabellón central hacia un borde horizontal continuo en todo el perímetro. Hay un juego muy original en esta disposición que da lugar a que los soportes se sitúen en las «simas» de este «paisaje» de paraboloides y que además el número de cuadriláteros concurrentes sobre los soportes sea de solo tres. Esta cubierta, intermedia en planta entre las de

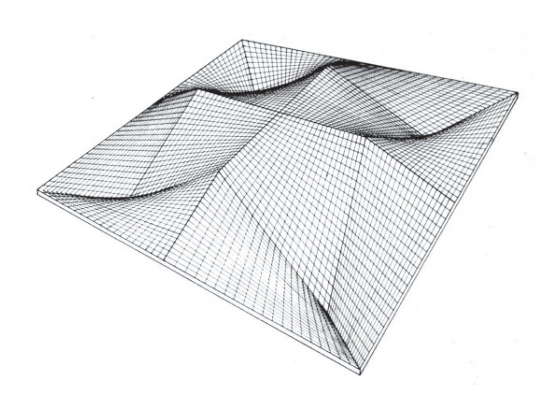


Figura 12
Fábrica Frigo, Jinámar. Cubierta central con 12 paraboloides. Cortesía de L.F. López Díaz

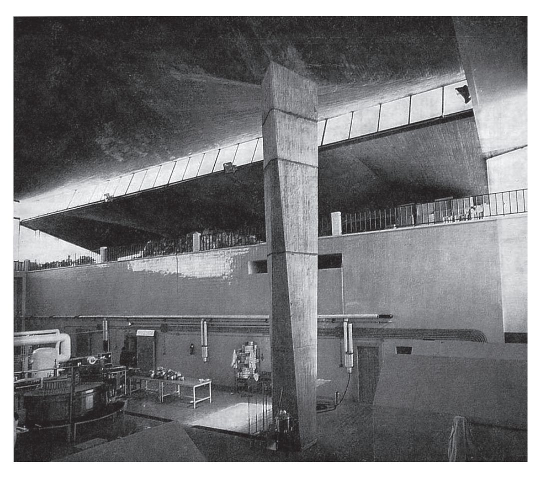


Figura 13
Fábrica Frigo. Soporte de la nave central (López Diaz 1974: 69)

paraboloides convencionales, se dispuso también a una altura intermedia entre ellas, ya que en su escalonamiento seguían la diferencia de cotas del suelo para aprovechar la fuerza de gravedad en el proceso de producción. Todos los paraboloides de la fábrica se construyeron con refuerzo en sus bordes y aristas con secciones de nervios que llegan a 60 × 60 cm en algunas aristas y 60 × 30 cm en bordes.

De esta solución son notables también los cuatro soportes, diseñados con sección variable que evoluciona desde un cuadrado en la parte inferior hacia un triángulo isósceles en su parte superior de apoyo de la lámina. La mencionada transición ocasiona tanto superficies triangulares planas como alabeadas dando un acusado protagonismo a este elemento destacable también por la altura (c.10,5 m) de dos de ellos (figura 13). Curiosamente, sin embargo, y frente al espectacular aspecto del interior de esta nave cuadrada central, la imagen expresiva al exterior la proporcionan exclusivamente los vuelos libres de los paraboloides convencionales, ya que los paraboloides de la central no se trasdosan ni son visibles desde fuera (figura 14).

Es evidente el interés dado a lo laminar en esta fábrica ya que no solo se usó en las cubiertas sino que también se aplicó a los cerramientos laterales de la nave central, concebidos «mediante una membrana de hormigón translúcido en forma de conoide, cuya base inferior se sitúa en una línea sinusoidal y la superior (encuentro con la cubierta) es una línea recta» (López, Sáez 1970). Así mismo se empleó una solución laminar en la cámara de vapor «que por razones de seguridad va aislada del edificio», dándosele «forma de hiperboloide de revolución, con una cubierta de cristal, a fin de que en caso de producirse alguna explosión saliese hacia arriba» (López, Pérez y Ramos 1974: 66). Este hiperboloide exento, hoy muy deteriorado, tenía un radio en su base de 6,55 m, una altura de aproximadamente 8 m y espesor medio de 7 cm y conformaba, con su imagen de torre de enfriamiento en miniatura, un contrapunto a la dominante «familia» de paraboloides de la cubierta (figura 14).



Figura 14
Fábrica Frigo. Paraboloides en vuelo y cámara de vapor exterior en hiperboloide de revolución. Cortesía de L.F. López Díaz

Conclusiones

- Las cubiertas formadas por paraboloides de hormigón en usos industriales, aunque más extendidas que en otras aplicaciones, constituyen a pesar de todo un conjunto de obras relativamente limitado y singular que testimonia una técnica constructiva específica empleada en España en un periodo concreto que se reduce a la década de los años 60 del siglo XX y parte de los 70.
- Por lo anterior, debería considerarse su valor patrimonial industrial, único en muchos casos, como ejemplos irrepetibles de una técnica ya en desuso que generó espacios de gran calidad arquitectónica.
- El carácter diáfano y autónomo de su configuración en paraguas permite una gran flexibilidad de uso, originando espacios hipóstilos casi universales, que facilitan su fácil adaptación y reutilización para nuevos cometidos diferentes a los iniciales.
- Estos elementos laminares se construyeron con un amplio rango de dimensiones y esbelteces que en bastantes ocasiones se aproximan a las mejores realizaciones del ámbito internacional.
- Desde el punto de vista del análisis estructural, la variedad de lo construido constituye una base de experiencia real que puede ser utilizada para estudios o desarrollos ulteriores.
- El conocimiento de sus principales realizaciones ha permitido aproximarnos a su verdadera difusión en España y también a la autoría de gran parte de ellas, destacándose figuras que como Urigoiti, Ruiz-Castillo o López Díaz, tuvieron un protagonismo fundamental en nuestro país.
- Podría añadirse también que aunque restrictivos respecto a las posibilidades generales de los paraboloides hiperbólicos, los de bordes rectos empleados predominantemente en el ámbito industrial, presentan cualidades únicas de coordinación mutua aportando además un llamativo y sutil efecto abovedado fácilmente integrado en el orden ortogonal característico de los espacios industriales.

Notas

1. Entre los referidos ejemplos singulares estarían de forma destacable las iglesias de Nuestra Señora de Guadalupe (comenzada en1963) de Enrique de Mora y José Ramón Azpiazu, con colaboración de Félix Candela; la de Nuestra Señora del Valle en Becerril de la Sierra, Madrid (1964-67), de Francisco Coello de Portugal, con Urgoiti y Ruiz-Castillo, y la de San Paio de Navia, Vigo (1969) de Román Conde, también con Urgoiti y Ruiz-Castillo.
2. Félix Candela construyó en 1953 en México el que es considerado como primer paraguas con cuatro paraboloides hiperbólicos. Se trató de un prototipo de 33 × 33 pies (10 × 10 m), altura –entre el centro y los bordes– de 3 pies (0,9 m) y espesor 1,5 pulgadas (aprox. 4 cm). Una célebre fotografía muy divulgada con 25 obreros sobre un esbeltísimo paraguas recién construido corresponde a otro paraguas experimental en Las Aduanas, México, de 26 × 26 pies pero solo 2 pies de altura (Faber 1963: 62-63).
3. La prometedora trayectoria de la empresa quedó sin embargo truncada por la trágica muerte de Ricardo Urgoiti a manos de unos asaltantes en su propio estudio, causa que dio lugar a la desaparición de la empresa. Agradecemos a Enrique Nuere la amabilidad de trasmitirnos este dato y sus recuerdos acerca de Ruiz-Castillo y Ricardo Urgoiti, compañeros de carrera y colaboradores suyos en la obra que se menciona en este trabajo.
4. Frente al sistema de tablillas se señala el uso habitual de tableros contrachapados en USA con capacidad de adaptarse a las curvaturas (Ruiz-Castillo 1966).
5. Los paraguas más grandes de los que disponemos información corresponden a la cubierta de la planta de potabilización de agua de Berenplaat, Países Bajos, 1959-65, del arquitecto W.G. Quist. Se trata de un conjunto de 20 unidades cercanas a los 22 × 22 m. cada una, aunque con una esbeltez bastante reducida, aproximadamente 4:1 (Wieschemann 1969). Los más grandes realizados con asesoramiento de Candela parecen ser los del mercado mayorista de Jamaica, con dos series separadas de 12 paraguas de 60 × 60 pies (18 × 18 m) cada una, realizados en 1956-57, y mucho más esbeltos que los anteriores (Faber 1963: 122-23) (ver nota 9).
6. Dicha cubierta, probablemente una de las más tardíamente construidas de este tipo, está formada por 6 módulos grandes (3 × 2) ampliados en dos lados por 5 paraguas alargados (3 + 2) de mitad de superficie y en la esquina el paraguas menor antes referido de una cuarta parte de superficie. En conjunto cubren una superficie rectangular horizontal de casi 3000 m^2.
7. Con proporciones alargadas Candela construyó su ejemplo más importante en los almacenes Río en Colo-

nia Vallejo, al norte de Méjico DF, en 1956-57, con unidades de 26 × 80 pies (7,9 × 24 m), en este caso además, ligeramente inclinados sus lados menores (Faber 1963: 116-17).

8. En rigor, la esbeltez crítica de un paraguas no está en la relación «luz/canto (o altura)», sino en la «superficie cubierta en vuelo/canto» teniéndose así en cuenta la elongación de la planta (Faber 1963: 123).
9. Otra cubierta de paraguas aislado se construyó en Sevilla, según se indica en una fotografía comentada en la revista *Temas de Arquitectura* 1963, n.47, p.34, aunque sin ninguna otra referencia.
10. En los primeros paraguas experimentales con planta cuadrada (nota 2), Candela obtuvo esbelteces de 11 y 13 respectivamente, si bien con dimensiones no superiores a 10 × 10 m. En su ejemplo de Jamaica (nota 5) la esbeltez fue de 6 para paraguas de 18 × 18 m, aunque sin ningún nervio de refuerzo. Al apreciarse notables deformaciones en los bordes Candela confesó: «en este caso me temo que hemos sobrepasado los límites» (Faber 1963: 123).
11. Según las secciones disponibles, la solución del desagüe parece resolverse en este caso mediante holgados escotes inferiores en los nervios en el punto de cruce.
12. Es de interés también la solución de los paneles opacos de cerramiento, constituidos con láminas delgadas verticales formadas así mismo por paraboloides de hormigón, cuyo efecto de pliegue en la base los hace autoestables. Dichos paneles corresponderían al grupo de soluciones de paraboloides en paramentos verticales y de los que su ejemplo más destacado son los de la torre de oficinas de los desaparecidos laboratorios Jorba de Miguel Fisac.
13. Sin referencias publicadas, otro ejemplo de paraboloides horizontales se encuentra en la calle Narciso Monturiol, Valdemoro, junto a la A4. Lo forman 8 unidades (4 × 2) de aproximadamente 15,5 × 10 m.
14. Candela desarrolló este sistema de cimentación en Méjico, siendo ventajoso en suelos de mala calidad (Faber 1963: 93).
15. Ruiz-Castillo (1966: 34) da además referencia de otra nave-shed de su autoría como arquitecto junto con Urgoiti aunque sin más información que una foto del interior.
16. En un ala perpendicular, a lo largo de la calle Braulio Gutiérrez, se construyó también posteriormente una larga cubierta con paraboloides en pabellón.
17. Según el autor, la realización se produjo tras dos encargos fallidos previos con la misma solución de «setas», pero con diferentes clientes y localizaciones distintas. La solución de paraboloides surgió con la segunda de las empresas como idónea para resolver los problemas de evacuación de agua y nieve que habían tenido con otras soluciones (Haro 1963). Hoy se mantiene restaurada, en servicio y fiel a su estado original.
18. Según información personal de su autor, esta fue la primera estructura con paraboloides de Luis Fernando López Díaz a la que ha seguido una larga serie construida fundamentalmente en edificaciones turísticas. En ellas ha desarrollado métodos de cálculo específicos para disposiciones asimétricas logrando las mayores superficies construidas en láminas de este tipo.
19. El cuadrado central, coincidente con la separación de soportes, es de 20 m y el vuelo perimetral es de 5 m.

Lista de referencias

Azpiazu Ordóñez, José Ramón y B. Carazo Carazo. 1968. «Planta de llenado de butano en Madrid-España». *Informes de la Construcción*, 201: 55-61.

Cosp Vilaró, Guillermo. 1965. «Fábrica Madofa. Vilafranca». *Cuadernos de Arquitectura*, 59: 24-25.

Faber, Colin. 1963. *Candela the shell buider.* Reinhold Publishing Corporation, New York.

Fargas, Tous. 1964. «Arquitectos Fargas y Tous. Knorr Elorza. S.A». *Arquitectura,* 71: 24-25.

Fargas Falp, J. M. y E. Tous Carbó. 1965. «Edifício industrial para Knörr Elorza S.A. de Bebidas Carbônicas». *Cuadernos de Arquitectura*, 59: 14-16.

Haro, Juan de. 1963. «Estación de servicio en Oliva». *Arquitectura*, 50: 29-31.

Higueras, Fernando y A. Miró. 1970. «Nave industrial en la Carolina». *Nueva Forma*, 49: 1.

López Díaz, Luis; C. Pérez Díaz y R. Ramos Steffens. 1974. «Fábrica para Frigo–Canarias, S.A.». *Informes de la Construcción*, 261: 63-72.

López Díaz, Luis y G. Sáez Aragonés. 1970. «Edificio industrial». *Cuadernos de Arquitectura*, 78: 112.

López Díaz, Luis. 1977. «Talleres de automóviles en Miller Bajo. Las Palmas de Gran Canaria. España». *Informes de la construcción,* vol. 30, 290: 45-53.

Navarro Gutiérrez, Julián. 1961. «Paraboloide, en Salamanca». *Informes de la Construcción*, 130.

Pintado, Pablo e I. Faure. 1966. «Fábrica de Zumos en Oliva». *Arquitectura,* 96: 15-17.

Registro DOCOMOMO ibérico. 2005. *La arquitectura de la industria*, *1925-65*. Barcelona.

Ruiz-Castillo, José Enrique y R. Urgoiti. 1964. «Aplicación de las estructuras laminares en la construcción de naves industriales». *Arquitectura*, 70: 32-34.

Ruiz-Castillo, José E. 1966. «Consideraciones sobre la ejecución de estructuras laminares de hormigón armado». *Hogar y arquitectura,* 64: 34-40.

S.a. 1963. «Cubierta de paraboloide hiperbólico. Sevilla». *Temas de Arquitectura*, 47: 34.

Wieschemann, Paul Gerhard y K. Gatz. 1969. *Edificios de hormigón*, Gustavo Gili, Barcelona.

Diseño preestablecido de las estructuras de hormigón armado en la primera mitad del siglo XX. La obra de Luis Tolosa Amilibia, 1928-1956

Leticia García Moreno

En 1926, al pasar el Puerto de Pasajes de manos particulares a estatales, el Estado tuvo que poner al día unas infraestructuras que se habían quedado obsoletas. Por lo que, tras formalizarse la reversión, se constituyó rápidamente una junta de obras para actualizar sus instalaciones. La obra, que se definió como necesaria, era una obra de dimensiones abrumadoras que incluía la mejora del canal de entrada, así como la construcción de un dique, de nuevas líneas de muelles y de numerosos edificios (Aguirre 1942).

En este contexto, cubriendo un puesto de delineante, entró en 1927 un joven Luis Tolosa a trabajar en la oficina técnica de la JOPP. Su cometido quedó bien definido desde el principio: los ingenieros de la junta resolverían la parte técnica de las construcciones y él sería el encargado de velar porque con todas estas actuaciones la imagen del Puerto de Pasajes quedase completamente renovada según el gusto de la época. Un objetivo para el cual Luis Tolosa era la persona adecuada, tal y como sabía el ingeniero director.

Este aspecto representativo cobraba especial importancia en los edificios administrativos, en los que Luis Tolosa concentró gran parte de su trabajo durante sus primeros años en la institución. Sin embargo, dentro del ámbito portuario, estas edificaciones eran las estructuras menores, de manera que los ingenieros empleaban procedimientos predefinidos para agilizar su diseño y cálculo.

Vaciando el archivo de la Junta de Obras, se ha podido constatar este hecho. Contrastando la información obtenida de esta época con los cálculos de Luis Tolosa para algunas de sus obras más reconocidas, encontrados en su archivo personal, se ha podido observar que en éstas últimas Luis Tolosa siguió los métodos aprendidos durante su trabajo para la Junta.[1]

Las justificaciones del cálculo que acompañaban los expedientes del puerto

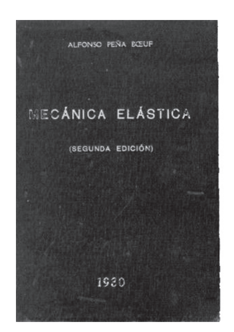
Al estudiar los expedientes relativos a las edificaciones que se construyeron en el Puerto de Pasajes durante el proceso de reconversión que vivió entre los años 1927 y 1955, nos encontramos con que las justificaciones de cálculo que los acompañan muestran cómo el sistema constructivo del hormigón armado se convirtió en una técnica al alcance de los ingenieros del Estado. Un indicativo de la gran atención con la que seguían desde la plantilla técnica de la JOPP los avances que se publicaban relativos a este campo.

Anteriormente, en la España y en la Guipúzcoa de finales del siglo XIX, el hormigón armado se había venido utilizando en edificación con sistemas de patentes comerciales como la del Ingeniero de Caminos José Eugenio Ribera (Sagarna 2010), quién había sido una figura clave en su introducción como nuevo material. Los primeros ingenieros que se formaron en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en esta materia lo hicieron como alumnos suyos y también como alumnos del ilustre profesor Juan Manuel de Zafra. Mientras que Ribera represen-



Figura 1
Luis Tolosa (dcha.) fue el gran protegido de Javier Marquina (izda.), ingeniero director de la JOPP desde 1926 hasta 1940. Juntos posan en esta fotografía frente a la grúa de 30 Tn. FFAPP: Identificador 9_5_026-43 (fotografía de autor desconocido 1930)

taba al ingeniero intuitivo, Zafra era el ingeniero teórico. A través de la asignatura sobre hormigón armado que creó este último en 1910 (Peña 1953) dotó a los estudiantes de Ingeniería de herramientas suficientes para no depender de patente alguna. Con sus clases y con sus publicaciones (Zafra 1911), Zafra evitó que los ingenieros del Puerto de Pasajes y los ingenieros españoles de esa época, en general, se quedaran atrás en el estudio y la aplicación de las nuevas estructuras de hormigón.



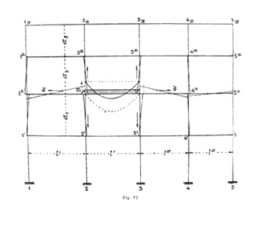


Figura 3
La obra de Alfonso Peña Boeuf *Mecánica elástica*: portada y figura que acompaña el desarrollo que realiza el autor para el tipo estructural de entramado. Ejemplar de la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Peña Boeuf [1925] 1930)

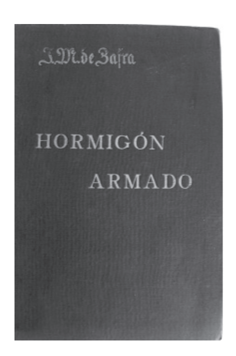
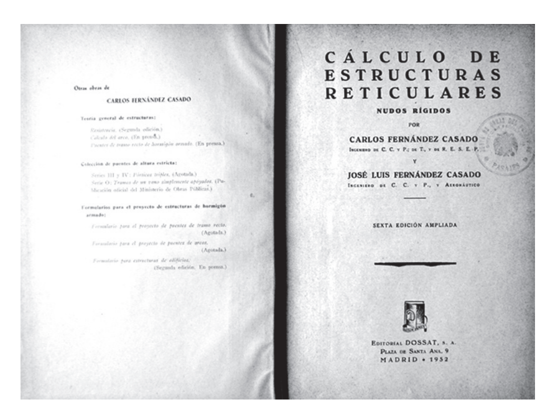


Figura 2
La obra de Juan Manuel de Zafra *Tratado de hormigón armado*: portada y ejemplo de tabla. Ejemplar de la biblioteca del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Zafra 1923)

La obra de Zafra *Construcciones de hormigón armado* fue el primer tratado de rigor científico técnico que se publicó en España sobre esta materia. Este tratado fue el responsable de divulgar en España los métodos basados en el cálculo elástico hasta entonces casi desconocidos como los teoremas de Maxwell, Mohr o Castigliano, por el que se inclinaba preferentemente su autor. En su publicación posterior *Tratado de hormigón armado*, Zafra ofrecía una serie de tablas que simplificaban los desarrollos matemáticos de cálculo para el dimensionamiento de piezas en situaciones de trabajo concretas. Para el dimensionamiento de estas piezas, el método de esta época consistía en, una vez establecidas las solicitaciones, calcular las tensiones que éstas producían en las piezas. Estas tensiones debían ser menores que las tensiones admisibles, aquellas que permitían que la deformación final de la pieza se aproximase a cero. Utilizando las tablas de la obra de Zafra se podía, introduciendo una serie de datos conocidos, obtener una sección que cumpliese dicha condición. Estas tablas fueron habitualmente empleadas por los ingenieros de la JOPP para dimensionar las estructuras de hormigón de las edificaciones con entramados en los años en los que trabajo Luis Tolosa en la Junta (AAPPP).

Para definir el valor de las solicitaciones, a las que estaban sometidas estas piezas, recurrían a lo establecido tanto en las normas, como en los tratados o en los manuales de análisis. Uno de estos manuales, que se menciona habitualmente en los expedientes del


Otras obras de

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO

Teoría general de estructuras:

Resistencia. (Segunda edición.)
Cálculo del arco. (En prensa.)
Puentes de tramo recto de hormigón armado. (En prensa.)

Colección de puentes de altura estricta:

Series III y IV: Pórticos triples. (Agotada.)
Serie O: Tramos de un vano simplemente apoyados. (Publicación oficial del Ministerio de Obras Públicas.)

Formularios para el proyecto de estructuras de hormigón armado:

Formulario para el proyecto de puentes de tramo recto. (Agotada.)
Formulario para el proyecto de puentes de arcos. (Agotada.)
Formulario para estructuras de edificios. (Segunda edición. En prensa.)

CÁLCULO DE ESTRUCTURAS RETICULARES

NUDOS RÍGIDOS

POR

CARLOS FERNÁNDEZ CASADO

INGENIERO DE C. C. Y P.; DE T., Y DE R. E. S. E. P.

Y

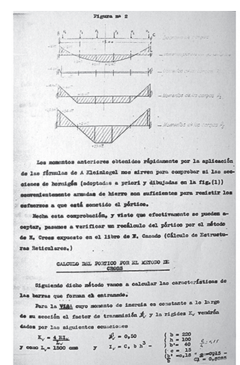
JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ CASADO

INGENIERO DE C. C. Y P., Y AERONÁUTICO

SEXTA EDICIÓN AMPLIADA

EDITORIAL DOSSAT, S. A.
PLAZA DE SANTA ANA, 9
MADRID • 1952

Figura 4
Ejemplar de la obra de Carlos Fernández Casado *Cálculo de estructuras reticulares* encontrado en la biblioteca de la JOPP (Casado [1934] 1952)


Figura nº 2

— Momentos de las cargas P_2

— Momentos de las cargas P_3

Los momentos anteriores obtenidos rápidamente por la aplicación de las fórmulas de A Kleinlogel nos sirven para comprobar si las secciones de hormigón (adoptadas a priori y dibujadas en la fig.(1)) convenientemente armadas de hierro son suficientes para resistir los esfuerzos a que está sometido el pórtico.

Hecha esta comprobación, y visto que efectivamente se pueden aceptar, pasamos a verificar un recálculo del pórtico por el método de H. Cross expuesto en el libro de F. Casado (Cálculo de Estructuras Reticulares.)

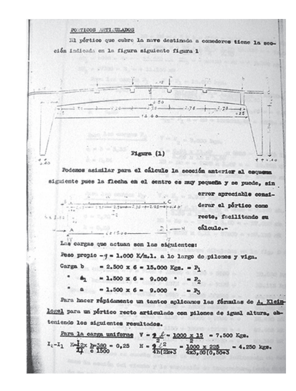
CALCULO DEL PORTICO POR EL METODO DE CROSS

Siguiendo dicho método vamos a calcular las características de las barras que forman el entramado.

Para la VIGA cuyo momento de inercia es constante a lo largo de su sección el factor de transmisión ϕ_v y la rigidez K_v vendrán dados por las siguientes ecuaciones

$K_v = \frac{4 E I_v}{L_v}$ $\phi_v = 0,50$ b = 220, h = 100, b' = 40, e = 15

y como L_v = 1500 cms y $I_v = C_1 b h^3$ – $\frac{b'}{b} = 0,18$ $C_1 = 0,0285$


PORTICOS ARTICULADOS

El pórtico que cubre la nave destinada a comedores tiene la sección indicada en la figura siguiente figura 1

Figura (1)

Podemos asimilar para el cálculo la sección anterior al esquema siguiente pues la flecha en el centro es muy pequeña y se puede, sin error apreciable considerar el pórtico como recto, facilitando su cálculo.-

Las cargas que actuan son las siguientes:

Peso propio – q = 1.000 K/m.l. a lo largo de pilones y viga.

Carga b = 2.500 x 6 = 15.000 Kgs. = P_1

" a_1 = 1.500 x 6 = 9.000 " = P_2

" a = 1.500 x 6 = 9.000 " = P_3

Para hacer rápidamente un tanteo aplicamos las fórmulas de A. Kleinlogel para un pórtico recto articulado con pilones de igual altura, obteniendo los siguientes resultados.

Para la carga uniforme $V = \frac{q \ell}{2} = \frac{1000 \times 15}{2} = 7.500$ Kgs.

$H = \frac{q \ell^2}{4h(2k+3)} = \frac{1000 \times 225}{4 \times 3,80 (0,50+3)} = 4.250$ kgs.

Figura 5
Extracto de la justificación de cálculo de la memoria del proyecto para la planta del comedor de trabajadores del Puerto de Pasajes de 1939, realizada con el método de Cross. (AAPPP Exp.20)

Puerto de Pasajes, era Mecánica elástica, cuyo autor, Alfonso Peña Boeuf, fue otra figura clave de la Escuela de Caminos, sustituyendo a Zafra en 1923 en la cátedra. En su libro, se proporcionaban valores numéricos calculados según el método de las masas elásticas para obtener las solicitaciones que aparecían en las piezas que conformaban los entramados de hormigón armado, en función de dos parámetros que habría de definir el proyectista, como las dimensiones de la pieza y las cargas a las que ésta estaba sometida (Peña Boeuf [1925] 1930).

Estos manuales de análisis fueron fundamentales para facilitar a los ingenieros de la plantilla técnica de la JOPP los cálculos de las solicitaciones en una época en la que la resolución de las estructuras hiperestáticas con nudos rígidos de hormigón armado requería resolver a mano los sistemas de numerosas ecuaciones e incógnitas a los que conducía el empleo de las ecuaciones clásicas de la deformación angular y lineal en el análisis de los pórticos de varios tramos de hormigón armado. Para simplificar estos farragosos cálculos, se recurría a la utilización de soluciones parciales que se recogían como valores unitarios en las tablas de los manuales basados en el cálculo elástico (AAPPP).

El problema de los complejos cálculos que aparecían en el análisis de los pórticos de hormigón armado quedó resuelto con la aparición del método de Cross en 1932. Éste llegó a España en 1934, gracias a uno de los ingenieros más distinguidos de esta generación: Carlos Fernández Casado, quien lo difundió como método para resolver estas estructuras reticulares de hormigón (Casado [1934] 1952; Casado 1942). Este procedimiento es un cálculo lineal, iterativo, relativamente sencillo, durante cuyo desarrollo no aparecen ni integraciones complejas ni sistemas de ecuaciones complicados. Imponiendo la condición de equilibrio de momentos en los nudos e igualdad de giro en las barras, los momentos y los giros dejan de ser incógnitas, lo que simplifica significativamente el cálculo. De repente, gracias a este método podía


Figura 6
Vista interior del comedor de trabajadores del Puerto de Pasajes, Guipúzcoa, 1939. FFAPP: Identificador 1_4_066-7, fotografía de F. Schneidhofer tomada el 22 de noviembre de 1928

POSTES: Su resumen es el siguiente admitiendo que las letras de denominación se refieren a la hoja de secciones del edificio nº 5 sección AB

Coeficientes: $\frac{E}{E_n}$ = F = 15 A = 1.200 Kgs.: cm² H = 45 " "

Postes	Longitud	Cargas Kgs.	e	$\frac{1}{e}$	Máxima compresión admitida	Armaduras	Trabajo del hormigón	
A	3,50	5.330	16	21,8	28,6	4 de 10 m/m = 3,14 cm²	17,5: cm²	Separación de estribos: 12 cm
B	3,60	19.330	22	16,3	33,9	4" 14 " = 6,16 "	33,5 "	" 17 cm
C	4,20	33.330	29	14,4	35,8	4" 14 " = 6,16 "	35,7 "	" 17 "
D	4,20	47.330	34	12,3	37,9	4" 15 " = 7,08 "	37,4 "	" 18 "
E	4,20	61.330	38	11	39,1	4" 17 " = 9,08 "	39,1 "	" 21 "
F	4,20	75.330	42	10	40	4" 17 " = 9,08 "	39,9 "	" 21 "
G	1,60	89.330	50	3,2	45	4" 17 " = 9,08 "	41,6 "	" 21 "

Cálculo de la base de los pies derechos

Carga = 90.000 kgs. Area de la base = 2,00 x 2,00 = 4,00 m² = 40.000 cm²

Trabajo del terreno a la compresión = $\frac{90.000}{40.000}$ = 2,25 kgs. cm².

Luz del cálculo l = $\frac{2,00}{2}$ = 1,00 cm. p = 22.500 kgs. cm²

M = $\frac{1}{2}$ pl² = $\frac{1}{2}$ 22.500 x 1 x 1 = 11.250 m.Kgs. = 1.125.000 cm. Kgs.

En la tabla VIII dr Zafra, para H = 35 A = 1.200 3 = 0,458

β = 0,002029 c = 0,458 $\sqrt{\frac{1125000}{100}}$ = 48,6 cm. α = 0,002029 x100 $\sqrt{\frac{112500}{100}}$ = 21,5 cm

Altura total en la raíz = 56 cm.

id. id. en el borde = 30 cm.

Armadura ——————— = 10 barras de 17 m/m. (22,70 cm²) en cada sentido.

Figura 7
Ejemplo de estructura edilicia dimensionada a partir del procedimiento indicado en la obra de Zafra: El edificio de oficinas para particulares. (AAPPP Exp.18)



Figura 8
Vista exterior del edificio de oficinas para particulares del Puerto de Pasajes, Guipúzcoa, 1933. FFAPP: Identificador 1_4_155-8, fotografía de autor desconocido tomada entre 1935 y 1940

resolverse cualquier estructura. Por su sencillez, por su generalidad y por su sistematización fue abrazado por los estudiantes e ingenieros de la época. También lo fue por la plantilla de Ingenieros del Puerto, quienes lo emplearon sobre todo en aquellas edificaciones de carácter más ingenieril, como los almacenes o los tinglados (AAPPP).

Para las edificaciones de carácter más representativo, sin embargo seguirían empleando diferentes tipos de valores para realizar el análisis en torno a los años 40. Cuando las vigas eran sencillas, aplicando valores de las normativas; y cuando las vigas tenían muchos tramos, empleando valores que aparecían en los manuales de resistencia, que normalmente provenían del desarrollo genérico de un Cross. Para su dimensionado, continuaron definiendo secciones rectangulares, empleando tablas como las de Zafra. Estas osamentas eran siempre entramados formados por los mismos elementos: pilares, vigas, viguetas y losas. Una repetición que facilitaba el codificar las diferentes soluciones del tipo estructural.

Este procedimiento seguía las directrices del cálculo clásico, que consideraba el hormigón como un material perfectamente elástico, es decir, un material que se deformaba proporcionalmente a las tensiones, según la ley de Hooke. Este no es el comportamiento real del hormigón, y pronto se dieron cuenta de que este método generaba errores en el dimensionamiento, que eran, por lo general, del lado de la seguridad. El deseo de economizar el material llevó a que se comenzase a estudiar el hormigón como el material no elástico que es, es decir,

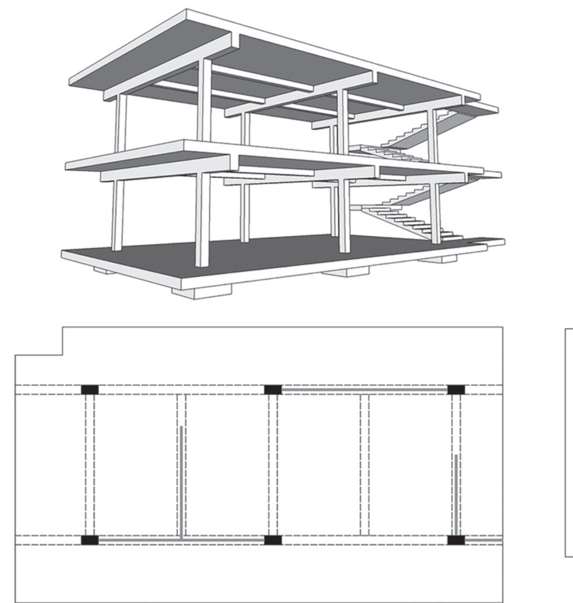


Figura 9
Perspectiva y planta del esquema empleado por los Ingenieros del Puerto de Pasajes. La manifestación de las vigas y viguetas invita a alinear con estos elementos los cerramientos (representados en gris)

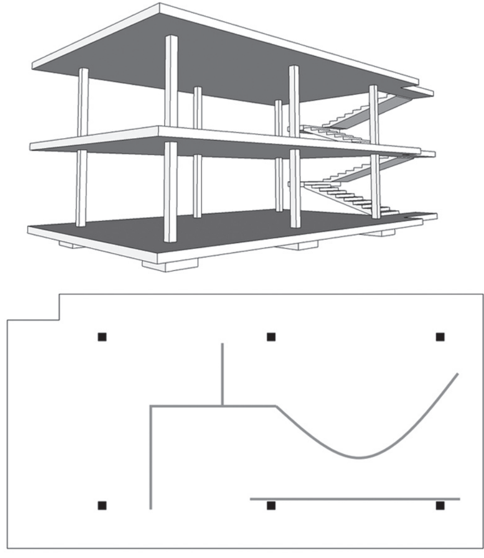


Figura 10
Representación en perspectiva y planta del esquema de Le Corbusier de 1915 para la Maison Domino. En este caso, los cerramientos (en gris) pueden discurrir libre por la planta

como material en el que la distribución de las tensiones no es lineal.

Esta última teoría, ya en 1945, estaba siendo difundida por Eduardo Torroja (Torroja 1943), otro de los grandes teóricos nacionales de este campo. Un avance en el campo de las estructuras que hacía las estructuras significativamente más precisas y respecto al cual no estuvieron al margen los ingenieros del Puerto de Pasajes. Estas consideraciones las reservaban, sin embargo, para aquellos proyectos que ellos juzgaban propiamente obras de ingeniería: grandes infraestructuras, almacenes o tinglados. Unos proyectos en los que el objetivo fundamental era la optimización de la estructura.

Para las estructuras de escasa importancia de las edificaciones, que resolvían siempre mediante el mismo esquema, en cambio, siguieron empleando tablas basadas en el método clásico incluso durante la década de los 50 (AAPPP). Es decir, durante toda la vida laboral de Luis Tolosa (Aguirre 1956).

El esquema de pilares, vigas, viguetas y losas en la obra de Luis Tolosa

En los años de trabajo de Luis Tolosa en la oficina técnica de la JOPP se seguía el siguiente proceso colegiado para proyectar las edificaciones: Él se encargaba en primer lugar de aportar un esquema de planta y alzado a los Ingenieros, sobre el que éstos encajaban un esqueleto que condicionara la planta lo menos posible. Con esta osamenta, finalmente, Luis Tolosa proyectaba el edificio definitivo.

Como hemos visto, las estructuras con las que resolvían los Ingenieros del Puerto estas construcciones estaban formadas por pilares, vigas, viguetas y losas. Este era un sistema cuya gran ventaja era que estas piezas se podían dimensionar con rapidez y facilidad empleando valores y desarrollos genéricos en su cálculo. Sin embargo, estos esqueletos presentaban también una importante desventaja para la propuesta racionalista que quería ofrecer Luis Tolosa: la direccionalidad de sus elementos condiciona-

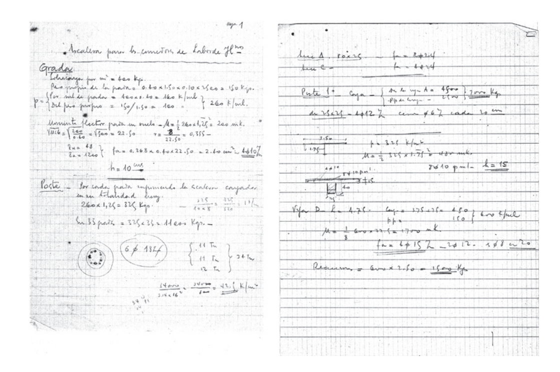


Figura 11
Tanteos de su puño y letra para una de sus obras más laureadas del ámbito privado industrial: El comedor de Laborde Hermano de Andoain, Guipúzcoa, 1939. (APLTA)

ban la posición de la envolvente y la distribución del espacio.

El planteamiento constructivo racionalista partía, precisamente, de la liberación del cerramiento del papel sustentador. Para ello, los elementos que conformaban los esqueletos para una arquitectura racionalista habían de ser lo más neutros posible, como forjados de vigas o losas planas y pilares de sección circular o cuadrada (Rowe 1978), tal y como había sintetizado, ya por entonces, Le Corbusier en su emblemático esquema para la Maison Domino. La propuesta que abanderaba el maestro suizo era de un atractivo incuestionable, mediante losas planas y pilares de planta isótropa, se evitaba que la estructura condicionase el espacio.

La propuesta corbusierana, sin embargo, no era adecuada para Luis Tolosa por dos razones fundamentales. Por un lado él sabía que el cálculo de losas planas era tedioso, farragoso y de gran complejidad, ya que en el Puerto había visto como los Ingenieros tenían grandes dificultades para resolver estas estructuras de losas continuas (AAPPP). En cambio, el procedimiento apoyado en tablas que seguían éstos para resolver los esqueletos de pilares, vigas, viguetas y losas, posibilitaba que alguien como él, con formación de delineante, pudiese dimensionar entramados de hormigón armado. En segundo lugar, con el tipo estructural de la propuesta corbusierana se renunciaba a la racionalidad de las formas rectangulares, que, al introducir inercias adecuadas en el sentido de las luces, permitían una economía material



Figura 12
Vista de la fachada principal del comedor de Laborde Hermanos de Andoain, Guipúzcoa, 1939. FL: Identificador 10/7 (822), fotografía de F. Schneidhofer tomada hacía 1945

frente a las estructuras de elementos no direccionales (Moneo 1976). Esta última cuestión, la de la economía, cobraba especial importancia en las edificaciones más funcionales, como eran los pabellones industriales en los que Luis Tolosa desarrollo principalmente su propuesta racionalista gracias a los numerosos encargos que recibió de industriales guipuzcoanos. Ambas razones favorecieron, sin duda, que Luis Tolosa siguiera empleando el esquema estructural aprendido en el puerto en el ámbito privado.

Con estas restricciones, Luis Tolosa tuvo que buscar la manera de resolver su propuesta compositiva racionalista a partir del dialogo entre el cerramiento y estas estructuras de marcada direccionalidad. Fue una cuestión que en sus primeros trabajos dentro y fuera del Puerto resolvió con torpeza, pero que, ya en

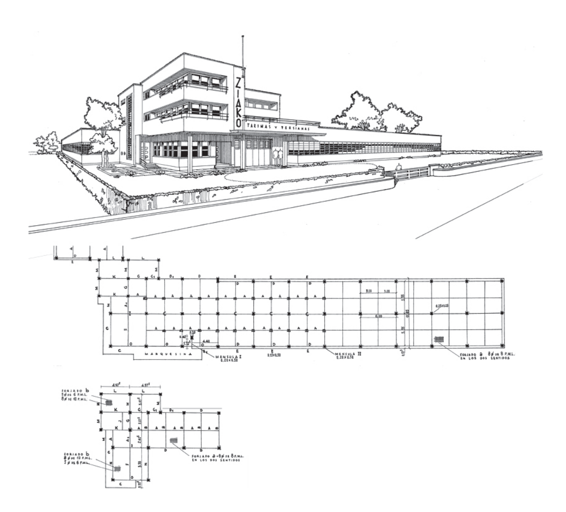


Figura 13
Planta de estructura y perspectiva del proyecto para Ziako de Andoain, Guipúzcoa, 1940. (APLTA)

torno a los años 40, logró dominar y pudo emplear para enriquecer su obra. Bien disociando el esqueleto de la envolvente o bien mediante la absorción en el

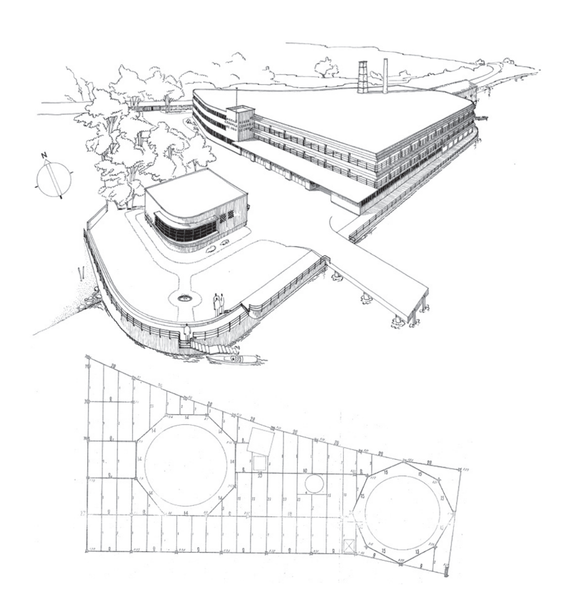


Figura 14
Planta de estructura y perspectiva del proyecto para Nueva Cerámica de Orio, Guipúzcoa, 1940. (APLTA)

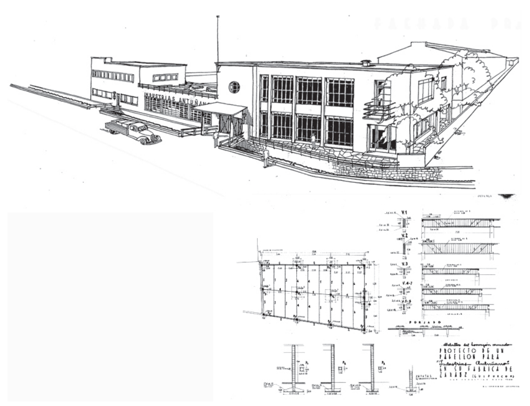


Figura 15
Planta de estructura y perspectiva del proyecto para Industrias Antuñano de Zarauz, Guipúzcoa, 1944. (APLTA)

orden de la estructura del cerramiento, Luis Tolosa logro transmutar el dialogo con estos esqueletos en valor compositivo para dar con algunas de sus arquitecturas hoy más celebradas. (APLTA; AAPPP)

Conclusiones

El procedimiento seguido en el Puerto para resolver los entramados de hormigón se consideraba en la época adecuado para la envergadura de las osamentas edilicias aquí estudiadas, en las que el tipo tiende a repetirse. Los errores a favor de la seguridad que implicaba el uso del método clásico no se tenían por relevantes en unas estructuras que basaban su economía en la racionalidad de las formas.

La repetición del tipo estructural dejaba la comprensión del comportamiento resuelta. En cada nuevo caso, solo había que dimensionar cada una de las piezas que formaba el entramado. De esta manera el cálculo se convertía en una labor puramente mecánica que fácilmente podía resolver el personal auxiliar de la oficina técnica.

Luis Tolosa supo ver la oportunidad que le brindaba esta manera de trabajar: sin tener unos grandes conocimientos de mecánica podía dimensionar con rigor suficiente un entramado estructural adecuado para edificaciones. Usaba, sin embargo, una fisonomía estructural que, por otro lado, condicionaba determinantemente su arquitectura.

El mérito de Luis Tolosa fue lograr resolver a partir de estos esqueletos una propuesta verdaderamente racionalista, es decir, fundamentada en las posibilidades que le ofrecía las nuevas técnicas basadas en el hormigón armado que estaba empleando.

En sus mejores piezas los entramados de hormigón pasarán de ser elementos meramente funcionales a ser fundamento de toda una serie de respuestas formales al problema que plantea la congruencia entre estructura y cerramiento. Este abanico de opciones, hoy, casi pasado un siglo, sigue siendo de gran interés para atender un problema que sigue vigente.[2]

Notas

1. El acceso a los diferentes archivos le fueron facilitados a la autora dentro de su participación en el trabajo de investigación sobre esta figura que coordinó la Dra. Ana Azpiri y financió el Puerto de Pasajes en 2012.
2. El trabajo que aquí presento forma parte de mi tesis doctoral en curso *Arquitectura y técnica en la obra de Luis Tolosa Amilibia,* inscrita en la UPV/EHU.

Lista de referencias

APLTA: Archivo personal de Luis Tolosa Amilibia. Legajos referentes a proyectos realizados para las siguientes empresas: Laborde Hermanos; Ziako; Nueva Cerámica de Orio; Jose Mª Aizpurua; Colorantes Lilly; Central de Mañeru; Antuñano; Astilleros Luzuriaga; Ramón Vizcaíno; Fundaciones Vera-Bidasoa; MEIPI; Cooperativa de pesca; Ramón Lilly; Fábrica Elgorriaga; Hispano Africana; Gama; Conservas José Ortiz; Fundaciones Iresa; Prodesa.

AAPPP: Archivo de la Autoridad Portuaria del Puerto de Pasajes. Expedientes: 4-131. Puerto pesquero; 8.Aduana; 13.Garitas de vigilancia; 15.Accesos al puerto; 18.Oficinas para Particulares; 19-58. Edificio para los servicios de sanidad; 20. Almacenes y comedores de los trabajadores; 34. Lonja de pescado; 75. Báscula y reloj; 101. Ampliación para el taller de la Junta; 103. Embarcadero; 207. Viviendas para la dotación del remolcador de salvamento y almacén de efectos para el mismo 213. Tinglado.

Aguirre J. M. 1942. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde su reversión al estado en enero de 1927 hasta diciembre de 1941*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Aguirre J. M. 1949. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde enero de 1942 hasta diciembre de 1948*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Aguirre J. M. 1956. *Memoria que manifiesta el progreso y desarrollo del Puerto de Pasajes desde su reversión al estado en enero de 1949 hasta diciembre de 1955*. Tolosa: Dirección del Puerto de Pasajes.

Azpiri A., L. Etxepare, L. García, F. García y D. Sánchez, 2012. *La arquitectura de Luis Tolosa*. San Sebastián: Autoridad Portuaria de Pasaia/COAVN/Nerea.

Casado F. [1934] 1952. *Cálculo de estructuras reticulares*. Madrid: Editorial Dossat.

Casado F. 1942. *Estructuras de edificios*, Madrid: Editorial Dossat.

FFAPP: Fondo fotográfico de la Autoridad Portuaria de Pasajes. Archivo de la Autoridad Portuaria del Puerto de Pasajes.

FL: Fondo Laborde. Archivo Municipal de Andoain.

Moneo R. 1976. *La llegada de una nueva técnica a la arquitectura*. Barcelona: ETSAB.

Peña Boeuf A. [1925] 1930. *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Voluntad.

Peña Boeuf A. 1953. «Un siglo de hormigón armado en España»*. Revista de obras públicas*, 101, tomo I (2857): 23-32.

Rowe C. 1978. *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos.* Barcelona: Gustavo Gili,

Sagarna M. 2010. *Estudio de la evolución de la arquitectura de Guipúzcoa ligada al desarrollo del hormigón armado*. Tesis Doctoral. San Sebastián: UPV-EHU.

Torroja E. 1943. *Nueva técnica anelástica del hormigón armado*. Madrid: Instituto Técnico de la Construcción y Edificación.

Zafra J.M. 1911. *Construcciones de hormigón armado*. Madrid: Tordesillas.

Zafra J.M. 1923. *Tratado de hormigón armado*. Madrid: Talleres Voluntad.

Bóvedas de nervios compuestos. *Crucerías a lo romano* del Convento de Cristo de Tomar

Soraya Monteiro Genin

El convento de Cristo en Tomar es una de las primeras obras del Renacimiento en Portugal, la construcción encargada por el rey D. João III (1521-1557) al arquitecto João de Castilho (cc. 1470-1552) en 1530. Corresponde a toda el área ocupada por los cinco claustros y dormitorios, situados al noroeste de la iglesia. Las bóvedas son todas nervuradas, rebajadas o planas, la mayoría en forma de cañón.

La introducción de formas renacentistas en Portugal se debe a João de Castilho, con el uso del rampante redondo y de la bóveda de cañón en las iglesias salón Manuelinas, desde alrededor de 1513, por la primera vez en la Catedral de Viseu. En la iglesia del monasterio de los Jerónimos (1516-1523), en Lisboa, su mayor obra, la forma fue perfeccionada gracias a la utilización de nervios compuestos.

La de nervios compuestos es una tipología que hemos creado para identificar los nervios que se componen de varios segmentos. En nuestra reciente tesis doctoral hemos propuesto una clasificación de las bóvedas nervuradas, donde introducimos la tipología de bóveda de nervios compuestos. Esta clasificación se asocia con la función de los nervios y no con la forma, lo más corriente. Consideramos las siguientes categorías: bóvedas de ojivos (nervios que conectan los suportes y la clave central), bóveda de terceletes (nervios que conectan los suportes a las claves secundarias), bóvedas de liernes (nervios entre las claves), bóvedas de combados (nervios entre las claves, curvas en planta) y bóvedas de nervios compuestos (nervios de varios segmentos que amplían y conectan los tramos: ojivas, terceletes o liernes).

Las bóvedas de nervios compuestos adquieren superficies más regulares y continuas, propias del periodo de transición entre el gótico y el renacimiento. En Portugal los nervios son dispuestos en crucería o en casetones. Las bóvedas en crucería son referidas en un contrato de 1533 para la construcción del claustro principal, de «crucerías a lo romano».

Este artículo pretende profundizar en el conocimiento de la geometría desde tipo de bóvedas, a través del análisis del trazado y construcción de tres bóvedas del convento de Cristo en Tomar.

Veremos que a pesar de formas renacentistas, los métodos de diseño y de construcción son del gótico. El nervio es estandarizado y es el elemento que sirve para el trazado y la construcción de la bóveda. Es el nervio el que determina la forma. Analizamos la geometría de los nervios y proponemos hipótesis del trazado y de la construcción, con base en los métodos utilizados entonces, especialmente el de construcción recomendada por Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577): el plan se reproduce en una plataforma al nivel de las jarjas, y el posicionamiento de las cimbras sigue un cierto orden, a fin de obtener las alturas de las claves.[1]

Datos históricos

La parte del convento de Cristo en construcción desde 1530 es «uno de los edificios más importantes del Primero Renacimiento Ibérico» (Pereira 2003, 15).

Nació de la reforma de la Orden de Cristo [fundada en 1319, que sustituye a la de los templarios disuelto en 1312] lanzado por el Jerónimo Frei António de Lisboa. Se extiende al oeste del castillo original y la Rotonda de los templarios, que se convirtió en coro de la iglesia con un proyecto de Diogo de Arruda entre 1510-1515.

En 1515 João de Castilho reemplaza Arruda en la dirección de la obra. En esta primera fase, que precede a la reforma de la Orden, en el reinado de D. Manuel I (1469-1521), Castilho lleva a cabo diversas obras, como el arco entre la Rotonda y la iglesia, la bóveda de combados de la iglesia, el portal principal que firmó *João de Castilho construiu em 1515* (Dias, 1986, 59).

En el momento de la reforma de la Orden, Castilho ganó el concurso para la gran obra de Tomar en 1530 lanzada por Frei António de Lisboa. Según un documento original «El rey le dijo a nuestro reformador, que quería un monasterio y un convento para albergar muchos religiosos, y por lo que de inmediato ordenó que busque un arquitecto y él confió esta tarea a nuestro muy reverendo padre y maestro y hicieron muchos dibujos y bocetos. Y fueron examinadas en detalle y uno que le gustó más fue el de João de Castilho, y lo llevó al rey, quien le ordenó de acelerar la construcción. Y teniendo en cuenta el placer que le dio la obra de João de Castilho, el padre le preguntó al rey para hacerle llevar el hábito de Cristo, y nuestro Padre lo hizo con la aprobación del rey, y es con este vestido que Castilho continuó el trabajo del convento que terminó en 9 años, como lo demuestra la inscripción que está en la puerta del Padre Procurador (...)» (Coelho, 1987, 375).

Construyó cinco claustros —el principal, y los claustros de Micha, de Corvos, de Hospedaria y de Santa. Bárbara— el refectorio, la cocina y granero, dormitorios y otras dependencias. El claustro principal, descrito en detalle en el contrato que se transcribe abajo, fue demolido y reconstruido en 1557 por Diogo Torralva.

Traducimos el contrato con Castilho, para la construcción del claustro principal, que proporciona información sobre detalles de las bóvedas. El contrato firmado el 30 de junio de 1533 refiere que Castilho llevará a cabo la obra «según el contenido de los textos y dibujos preparados y firmados por el dicho controlador para este propósito». Las bóvedas «con crucerías y claves serán de cañón y de arco de medio punto, con sus arcos sólo en los estribos de dicho claustro, que se moverán de los apoyos como se muestra en dicho dibujo y el cimacio será alrededor donde dichos arcos tienen que moverse en ambos lados y serán de buena calidad para ser trabajado *a lo romano* y ellos (la ménsula) se sobresale de un palmo y en altura 1 palmo y tres dedos, y sus asientos estarán por encima del punto de los arcos y la otra parte en la misma alineación de dichos arcos cortarán un buen tamaño plana a lo romano, y tienen la anchura y la altura de ½ palmo y cuatro capillas a realizar en las cuatro esquinas de dicho claustro, se hará en función del contenido y el orden de dibujo con su crucería a lo romano, de un tamaño muy ordenado y la clave principal será de tres palmos y medio, y las *crastas* de tres palmos» (Barreira 1933, 210). [2]

Notamos que el dibujo muestra cómo «se mueven» los arcos, el mismo término usado por Rodrigo Gil de Hontañon (Garcia [1681] 1991, 24-25) en su explicación para la construcción de una bóveda de crucería. Los arcos se mueven porque se sueltan de las jarjas y se adaptan al espacio entre las jarjas y las claves.

Moreira destaca el uso constante de nervios en las bóvedas de Castilho, «el principal enemigo de la bóveda renacentista» que sólo abandonó al final de su vida (Moreira 1991, 498).

Barreira (1933, 2012) comenta el gótico de Castilho, que utiliza los nervios, mientras que en la Italia del Renacimiento ya estaba obsoleto y se desarrolló en el Barroco. Interpretó dos maneras el término «crucería a lo romano»: «nos referimos a cualquiera de tiras cruzadas que reemplazaron los nervios sobresaliente que se encontraban entonces en uso, lo más probable, trata-se de ángulos de bóvedas de arista que se encuentran en la encrucijada de las largas bóvedas de cañón. (...) los claustros del Convento de Cristo se trazaron invariablemente de acuerdo con los principios de la crucería, por veces las duelas son rebajadas y tan largas que son monolíticas y se comportan como reales arquitrabes».

En nuestra opinión, el término «crucería a lo romano» indica el mismo tipo de bóveda que se ve en los otros claustros del convento, bóvedas de crucería de nervios compuestos, con rampante redondo. El uso de nervios era usual, como medio de trazado y de construcción para llegar a la forma de bóveda pretendida.

El tipo de bóvedas de nervios compuestos existe en Europa desde el siglo XII en la iglesia de Saint-

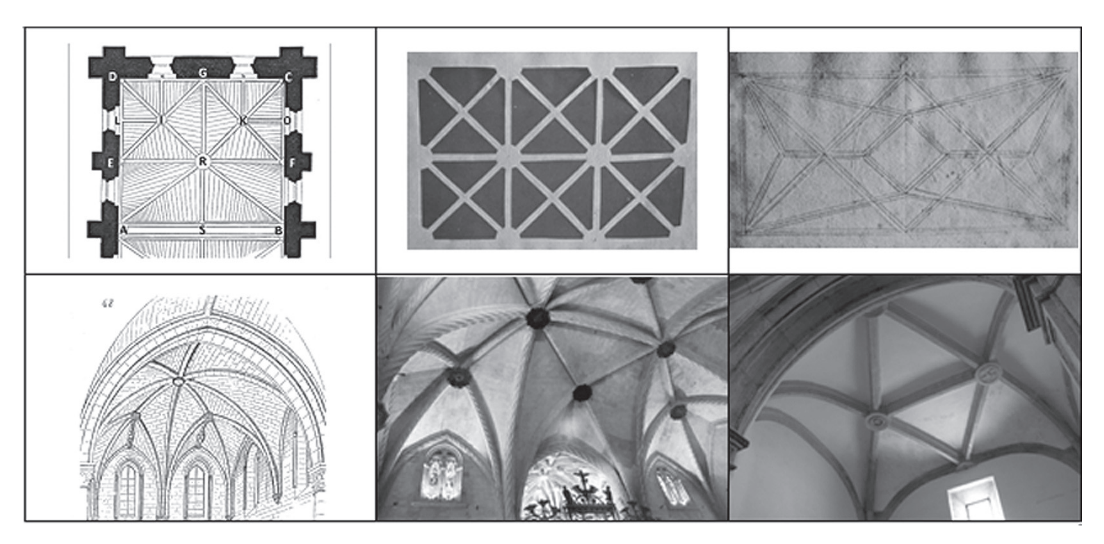


Figura 1
Bóvedas de nervios compuestos: a, d) Iglesia de Moulhierne (Viollet-Le-Duc 1854-1858); b, d) Dibujos del cuaderno del maestro WG (Bucher 1979); e) Sala de Contratación de la Lonja de Valencia (Fajardo 2004); f) capilla lateral de la iglesia de Santa Maria do Olival en Tomar. Las cuatro bóvedas de esquierda presentan ojivos compuestos y las dos de la derecha terceletes compuestos

Germain en Moulhierne (figura 1a,d). En planta se ve tres tramos, pero en realidad es una sola bóveda. Los nervios ojivos principales, AC y BD, son elementos compuestos de varios segmentos separados por claves. EG y GF son ojivos secundarios. Como observa Viollet-Le-Duc (1854-1858, 7), este sistema permite levantar la altura de la clave central R y construir bóvedas más amplias.

Hemos identificado este tipo de bóvedas también en Inglaterra, pero especialmente en Europa central, que aún conserva dibujos originales. Bucher (1979, 196-198) presenta ilustraciones del cuaderno del mater WG (1560-1572), que llama de bóvedas «de doble o triplo cuadrado» (figura 1b,c).

No vamos a presentar las varias bóvedas que encontramos en Europa,[3] pero hay que señalar algunos ejemplos en Portugal y España, país de origen de João de Castilho.

En España podemos mencionar las siguientes bóvedas: en Santoña, región de nacimiento de João de Castilho, las bóvedas del crucero y de la capilla mayor de la iglesia de Santa Maria del Puerto; bóveda del Hospital de los Reys Católicos, en Burgos; bóveda del crucero de la catedral del Salvador de Zaragoza; bóvedas de Simón de Colonia (maestro de Castilho), de la capilla de la catedral Nueva de Salamanca de, la capilla Antigua de la catedral de Sevilla y de la capilla Inmaculada de la catedral de Palencia; bóvedas de Juan Guas, de la nave del convento de San Juan de los Reys en Toledo, del claustro de la catedral de Segovia y del sotocoro de Santo Tomás de Ávila; bóveda del crucero de la Catedral de Orihuela en Alicante; bóveda de La Lonja de Mercaderes de Valencia. Fajardo (2004, 108) considera la «bóveda cuadripartita» de la Sala de Contratación de la Lonja de Valencia, el modelo precursor en España, en 1482-1498 (figura 1e).

En Portugal la mayoría de este tipo de bóvedas es de Castilho. Los ejemplos más significativos son en: el convento de Cristo (claustro de los Cuervos, claustro de Micha y claustro de la Hospedaria, las capillas del claustro principal, la antecámara de la sala capitular, la biblioteca, la escalera entre el claustro de Santa Bárbara y el claustro principal), la iglesia de Santa Maria do Olival en Tomar (sacristía y capillas laterales, figura 1f); en Lisboa, además del Monasterio de los Jerónimos antes citado (nave, crucero, sotocoro y ángulos del claustro), el sotocoro de la iglesia de Santa María de Sintra; en la región de Alentejo, los conventos de Arraiolos (claustro y bó-

veda exterior). En el monasterio de Santa Maria da Vitória en Batalha, están las bóvedas más antiguas en Portugal y anteriores a Castilho, construidas por Huguet entre 1402-1436, las bóvedas de la Capilla Mayor y de las Capillas Imperfectas.

Castilho ha utilizado este tipo de bóvedas en el Convento de Cristo de Tomar, pero fue en Jerónimos que hay hecho su obra más importante, en la nave (crucerías de liernes compuestos) y en el crucero (crucerías de ojivos compuestos). Este tipo de nervios le permitió cubrir grandes espacios con formas renacentistas. En Tomar minimiza el número y la decoración de los nervios.

Bóveda del claustro de Hospedaria

El claustro de Hospedaria consta de tramos rectangulares de longitud variable (entre 5,00 m y 5,30 m), delimitados por pilares-contrafuertes y ménsulas opuestas. Las dimensiones también varían en anchura (entre 2,06 m y 3,16 m) y en la altura de las claves (entre 7,37 m y 7,45 m, el suelo está inclinado).

Los detalles constructivos analizados en sitio, muestran que las bóvedas son de ladrillo. Los nervios de piedra no tienen cola. Este sistema de construcción se utiliza en las restantes bóvedas del convento.

En cada tramo la bóveda se compone de dos pares de terceletes cruzados. Los terceletes están compuestos de dos segmentos, los superiores conectan claves a la misma altura. En el centro, una forma de rombo limita un techo plano. Este conjunto de nervios junto con la ausencia de arcos transversales, crea una unidad visual entre los tramos de la bóveda (figura 2).



Figura 2
Bóveda del claustro de Hospedaria del Convento de Cristo en Tomar (Genin 2014)

Hipótesis de trazado

La planta rectangular se divide en dos formas casi cuadradas. Dos pares de diagonales de cada lado del eje, los terceletes, se cruzan en las claves 2 y 4 y se extienden a las claves 1 y 3. Las claves intermedias dividen los terceletes en dos segmentos. Una ligadura longitudinal conecta las dos claves principales, acentuando la lectura longitudinal de la bóveda.

Para dibujar la elevación de los nervios se determina primero la altura de la bóveda, a unos 6,00 m, correspondiente a la longitud de la diagonal (si tomamos las dimensiones en un tramo de la ala norte); la ménsula está a un cuarto de la altura de la bóveda. Se traza el arco principal, el formero M1-1 en oval, el centro del gran arco está al nivel del suelo y el centro del arco pequeño está al nivel del segundo anillo de la ménsula. Con la distancia que está en planta, se traza el segmento de tercelete M1-2. El nacimiento del tercelete es superior para lograr al mismo nivel del formero.

Los liernes y segmentos superiores tienen una ligera curvatura, que es del arco estándar, utilizado para tallar todos los nervios. La construcción se simplifica, ya que requiere la elevación de un solo arco, para producir las cimbras y tallar los nervios.

Hipótesis de construcción

Montamos las cimbras longitudinales y los formeros, disponemos la clave 1 y lo pie derecho de la clave 3. Con un pie derecho de la misma altura que 1 y 3, se colocan los pies derechos de las claves 2 y 4. Después de localizar las claves, se montan los cimbres de los terceletes entre las jarjas y las claves intermedias 2 y 4 y después entre todas las claves del rombo. Se monta la cercha de la ligadura longitudinal. La estructura en triángulos es estable y se puede empezar a disponer las piedras, primero las claves y luego las dovelas a partir de las jarjas. Se debe construir los nervios y la bóveda de ladrillo, de forma simultánea

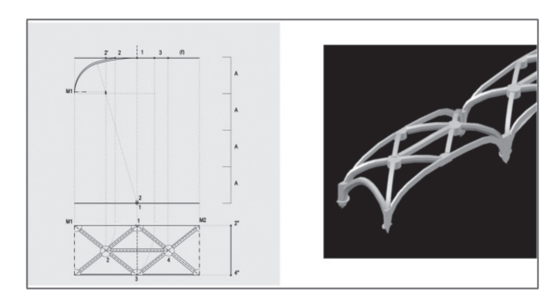


Figura 3
Bóveda del claustro de Hospedaria del Convento de Cristo en Tomar. Hipótesis de trazado y dibujo tridimensional (Genin 2014)



Figura 4
Bóveda de la biblioteca del Convento de Cristo en Tomar (Genin 2014)

de los cuatro puntos de apoyo para garantizar el equilibrio de la estructura.

Bóveda de la biblioteca

La biblioteca (21,84 m × 7,40 m) es abovedada por crucerías de ojivos y liernes compuestos. Los liernes diagonales conectan los tramos y dan la continuidad a la bóveda. La división de la bóveda por cuatro tramos rectangular es visualmente casi imperceptible. La bóveda tiene una forma de cañón. La ligadura y los liernes favorecen una lectura longitudinal del espacio (figuras 4 y 5).

Los nervios descargan sobre ménsulas y la bóveda se apoya en paredes con un espesor de 1,30 m equipado con contrafuertes de 1,20 m.

Todos los nervios son verticales y tienen el mismo perfil. Las claves con decoraciones renacentistas, están dispuestas verticalmente, con la excepción de las claves intermedias, que son perpendiculares a la bóveda.

Hipótesis de trazado

El tramo es rectangular de proporción 3: 4. Los nervios ojivos se cruzan en la clave central 1. Los ejes son los rampantes transversal 2-3 y longitudinal 4-5. Los liernes compuestos entre las claves 2, 4, 3 y 5 forman un rombo central que ocupa toda la anchura de la bóveda que limita la forma de cañón. Los rombos segmentan los ojivos en las claves 6, 7, 8 y 9. Estas claves están interconectadas por liernes longitudinales 6-7 y 8-9.

Para trazar la elevación:

- Perpiaños (M1-M2): se traza el nervio (p) en medio punto, con el centro a media altura de la bóveda. Se punta la clave 5.
- Rampante transversal (2-3): se traza la curva (f) con radio igual a la anchura del tramo.
- Ojivo (M1-M4): el ojivo es oval con centro en el suelo (trazado proyecto). Para la construcción, podemos utilizar el arco (p) para el segmento inferior y el arco (f) para lo superior, la forma es cuasi igual. Se traza el segmento inferior M1-6, idéntico a (p), con la distancia tomada de la planta y la altura tomada del rampante transversal (f). EL segmento 6-1 tiene el radio de (f).
- Formero (M1-2): se traza el formero con la distancia M1-2, proyectando verticalmente la clave 2 con la altura tirada de (f); a partir de 2 se dibuja el ovalo, cuyo arco principal es idéntico a (p).

  El análisis geométrico muestra que existe una estrecha relación entre la planta y la elevación. La altura de la bóveda es idéntica a su anchura. El nervio transversal es el arco principal (p) de medio punto con radio idéntico a la anchura de la bóveda. El radio del rampante transversal (f) es igual a la longitud del tramo.

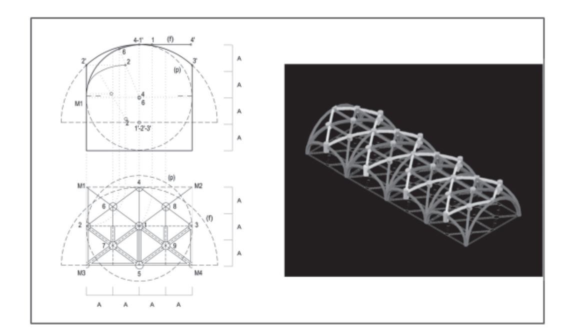


Figura 5
Bóveda de la biblioteca del Convento de Cristo en Tomar. Hipótesis de trazado y dibujo tridimensional. (Genin 2014)

– La diagonal no es oval, aunque su forma se acerca; consta de dos arcos estándar separados por una clave —el arco principal (p) y el arco del rampante (f)— lo que simplifica la construcción.

Hipótesis de construcción

Para construir la bóveda es suficiente conocer las dos curvas estándar (p) y (f) para construir las cimbras y tallar las dovelas. El arco del rampante transversal determina la altura de las claves.

Después de establecer las jarjas y la plataforma de trabajo, se reproduce el plan y se montan las cimbras:

– Perpiaño (M1-M2, M3-M4): se monta la cimbra de medio punto (p) y se encuentra la localización de las claves 4 y 5, dejando cair plomos desde las cimbras a las claves señaladas en la plataforma.
– Rampante longitudinal (4-5): se coloca lo pie derecho en 1, con la misma altura que las claves 4 y 5 y una cercha entre ellas.
– Rampante transversal (2-3): se coloca una cercha de curva (f), desde 1 a las claves 2 y 3.
– Ojivos: tomando la altura de las claves intermedias 6, 7, 8 y 9 en el rampante transversal, se colocan los pies derechos en sus lugares en la plataforma. Se montan las cimbras a partir de las jarjas hasta las claves, cuya curva es la de (p). Entre las claves intermedias, pasando por la clave 1, se colocan cimbras idénticas a (f).

Completando los cimbres, se obtiene la forma, la construcción del tramo puede comenzar. Se coloca las claves y después las dovelas de los nervios, los ladrillos y el llenado hasta el rombo central. Del mismo se construye mediante la colocación de los ladrillos de las paredes a la clave central.

Bóveda de la antecámara de la sala capitular

La antecámara de la sala capitular es rectangular (8,50 m × 10,16 m) y la altura de 6,80 m corresponde a un poco menos de la mitad de la diagonal con 13,30 m en planta.

El espacio está cubierto por una bóveda de crucería de ojivas compuestas. Los tramos están limitados por ménsulas, en las esquinas e intermedias en cada muro. Desde las ménsulas nacen nervios transversales y longitudinales que dividen la bóveda en cuatro rectángulos. Nervios diagonales forman cuatro crucerías secundarias. El ojivo principal se compone de cuatro segmentos.

En la parte superior de la bóveda, liernes de alturas casi idénticas forman un rectángulo que conecta las cuatro claves de las crucerías. Este rectángulo define una superficie rebajada de la bóveda (figuras 6 y 7).

Observamos que la construcción de la bóveda no fue muy cuidada, las ménsulas tienen diferentes alturas y los formeros son irregulares. La estandarización es muy evidente. El trazado del ojivo (proyecto) es



Figura 6
Bóveda de la antecámara de la sala capitular del convento de Cristo en Tomar (Genin 2014)

un ovalo, de radio mayor igual a la longitud de la diagonal. Pero en construcción se utiliza un sólo arco para todos los segmentos.

Todos los nervios tienen el mismo perfil. Las claves, con decoración renacentista, son verticales, menos las claves intermedias de los niervos transversal y longitudinal de los ejes.

Hipótesis de trazado

La planta se divide en cuatro rectángulos, limitados por ménsulas. La leyenda se refiere a un módulo / rectángulo. M1, M2 y M3 son las ménsulas. Los ojivos principales se cruzan en la clave 1. Los ojivos secundarios se crucen en la clave 4. Los liernes que conectan las cuatro crucerías, forman un rectángulo central, comparable a rampantes secundarios (2-4-3).

Para trazar la elevación de los arcos, se empieza por el transversal donde se toma la cuota de todas las claves.

- Nervio transversal (M1-1): se dibuja un ovalo con el gran radio igual a la mitad de la diagonal en planta. Este arco es el arco principal (p) que se utiliza para trazar todos los nervios. Se localizan las claves 1 y 2.
- Ojivo (segmento M2-4): a partir de (p) se toma la altura de (4), que es igual a (2). Se hace la proyección vertical de la clave 4, con la distancia tirada de la planta, y se traza el segmento M2-4 del ojivo con el mismo radio de (p). El centro del gran arco está al nivel del suelo y el del pequeño arco está al nivel de la ménsula, a un tercio de la altura de (p).
- Formeros (M2-5, M2-6): se traza estos nervios con el mismo arco que el anterior, el centro del gran arco está al nivel del suelo; las claves 5 y 6 tienen diferentes alturas, en función de su longitud.
- Nervio longitudinal (M3-1): a partir de (p) se toma la altura de (3), que es igual a (1). Con el mismo arco (p) dibujamos el segmento M3-3 del nervio longitudinal.

Todos los ojivos son arcos carpaneles utilizando los mismos radios: un radio pequeño para las jarjas y un gran arco principal (p), idéntico a la circunferencia que limita la planta. El gran arco (p) es el arco estándar que se utiliza para todos los segmentos. Esto significa que es suficiente hacer la elevación de un sólo arco para construir todos los nervios. Los segmentos superiores son todos idénticos a (p), su trazado no es necesario ya que es suficiente colocar cerchas idénticas a (p) entre las claves.

Hipótesis de construcción

Todas las jarjas se construyen con el mismo pequeño arco. Una vez que la plataforma de trabajo está en su lugar y reproducida la planta, ponemos las cimbras de igual curvatura que el arco (p) para todos los nervios y segmentos.

- Nervio transversal: se monta la cimbra (p) a la altura predeterminada. A partir de la planta dibujada en la plataforma, se encuentra la localización de la clave 2 utilizando el plomo.
- Nervio longitudinal: se coloca en 3 lo pie derecho con la altura de 1, se monta las cimbras M3-3 y 3-1 en conformidad con las alturas de los pies derechos.
- Ojivos: se toma la altura de 2 y se monta el pie derecho para la clave 4. A partir de las jarjas, ponemos las cimbras M1-M3 y M2-4. Luego *se* conectan las claves 4-1 con cimbra idéntica a (p).
- Formeros: los formeros tienen la misma curvatura que (p) y el mismo nivel de nacimiento que los ojivos.

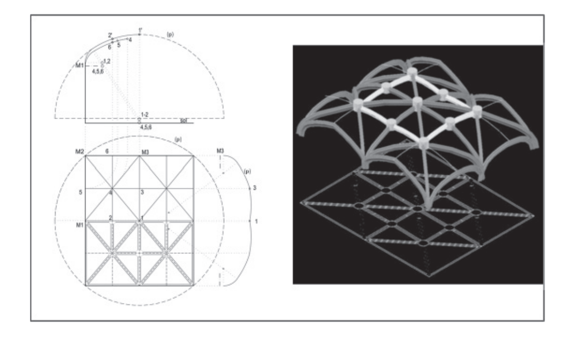


Figura 7
Bóveda de la antecámara de la sala capitular del convento de Cristo en Tomar. Hipótesis de trazado y dibujo tridimensional (Genin 2014)

– Rectángulo central: se conectan las claves del rectángulo con la misma cimbra (p), la estructura en triángulos es estable.

Se puede comenzar a sentar las piedras. Primero las claves verticales, las de las diagonales 1 y 4. Se monta las dovelas de los nervios, se cierra las plementerías de ladrillo y se llena los riñones simultáneamente desde las consolas hasta el rectángulo central. Seguimos a construir los nervios y la plementería hasta la clave 1.

Conclusión

Las bóvedas analizadas del Convento de Cristo de Tomar, demuestran el uso de métodos de trazado y de construcción gótica como medio para obtener formas renacentistas.

Los nervios compuestos unifican los tramos, extendiéndose entre ellos. La segmentación de los nervios permite utilizar segmentos de arcos estándar y modelar la parte superior de la bóveda, horizontal (claustro de Hospedaria) o rebajada (Biblioteca y antecámara del Capítulo).

La bóveda del claustro de Hospedaria está formada por crucerías de terceletes compuestos. Los segmentos superiores están horizontales, limitando un techo plano en forma de rombo. El segmento inferior se define por un arco oval, que sirve para la construcción de todos los nervios. El radio del arco mayor corresponde a la longitud de la diagonal en la planta. La construcción parte del formero, que determina la altura de todas las claves.

La bóveda de la biblioteca está formada por crucerías de ojivos y liernes compuestos. Los liernes dispuestos en diagonal, se prolongan entre los tramos. La continuidad de la bóveda se acentúa con la ligadura y los liernes longitudinales entre las crucerías. Dos arcos sirven a la construcción de todas los nervios: el arco transversal de medio punto, sirve a los segmentos inferiores; el arco del rampante (f) con un radio igual a la anchura de del tramo, sirve para los segmentos superiores, entre las claves. El ojivo se compone de estos dos arcos. Para la construcción de la bóveda, a partir del rampante transversal se toman las cuotas de todas las claves.

La bóveda de la antecámara de la sala capitular está formada por cruces de ojivos compuestos. La parte superior se baja, limitada por un cuadrado central entre las crucerías. El ovalo del arco transversal es el arco estándar. El arco mayor es idéntico al círculo que circunscribe la planta y sirve a todos los nervios. El ojivo y todas las nervuras se componen de segmentos idénticos. La construcción comienza por la cimbra transversal, a partir de la cual son retiradas las cuotas de todas las llaves.

Notas

1. Esta comunicación se basa en la tesis doctoral *Voûtes à nervures manuélines. Le caractère innovant de João de Castilho*, publicada en acceso abierto en https://lirias.kuleuven.be/handle/123456789/454010 (Genin, 2014).
2. Transcripción del contrato para la construcción del claustro principal : «(…) pelo theor e ordenança dos emlegimentos e debuxos que para isso são feitos e assinados pelo dito amo(…) posto que a ordenança e o enlegimento dessas abobadas estê emlegido com cruzeiros e chaves não serã senã de berço em volta Redonda, com seus arquos somente em direito dos botaréus da dita crasta, os quaes moverão das Reprezas assim com vã ordenados no dito debuxo, e averã suas çimalhas a Roda de que as ditas abobadas ã de mover dambas as partes e serão dallgua boa moldura lavradas que bê pareça ao Romano e terão de sacada hu pallmo e dalto um pallmo e tres dedos, e o assento dellas será por çima do ponto dos arcos e na outra parte no mesmo direito dos ditos arcos serã lavrados allgua boa obra chãa ao Romano, e terão de largo dous pallmos e dalto meo pallmo e as quatro capelas que se ã de fazêr nas quatro engas da dita crasta, serão pelo theor e ordenança de debuxo com sua cruzaria ao Romano, com sua talha mui ordenada e a chave principal serã tres pallmos e meo, e as crastas de tres pallmos». Barreira (1933).
3. En nuestro doctorado analizamos el trazado y la construcción de 44 bóvedas, principalmente de João de Castilho. Visitamos e analizamos 321 bóvedas manuelinas. En Europa, el análisis se centra en España (los orígenes de Castilho), Alemania y Europa Central (conocidos por sus Hallenkirche) y Inglaterra (similitud en la forma y estructura de las bóvedas). Se realizó una base de datos de las bóvedas, clasificadas por tipologías. Se detallo el análisis de 918 bóvedas en Europa, basado en visitas y bibliografía. Genin (2014).

Lista de referencias

Barreira, João, 1933. «O goticismo de João de Castilho». En *Revista da Faculdade de Letras*, 205-215. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

Bucher, François, 1979. *Architector: The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects.* Vol. 1. New York: Abaris Books.

Coelho, Maria da Conceição Pires, 1987. «Contributo de João de Castilho para a génese da arquitectura do Renascimento em Portugal». En *Simpósio Luso-Espanhol de História da Arte*, editado por Livraria Minerva, Coimbra, 343-379.

Dias, Pedro, 1986. «João de Castilho e o desenvolvimento da arquitectura manuelina». En *História da Arte em Portugal,* 59. Lisboa: Alfa.

Chatenet, Monique; De Jonge, Krista; Kavaler, Ethan Matt; Nubbaum, Norbert, 2011. *Le Gothique de la Renaissance*. Paris : A&J Picard.

Fajardo, J.C. Navarro, 2004. *Bóvedas valencianas de crucería de los siglos XIV al XVI. Traza y montea*. Tesis doctoral disponible en http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0524105-094643/.

Garcia, Simon, 1681. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano: con algunas demostraziones de geometria. Año de 1681.* Valladolid: *s.i. (facs. Ed. Valladolid:* Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid, 1991).

Genin, M. Soraya, 2014. *Voûtes à nervures manuélines. Le caractère innovant de João de Castilho*. Tesis doctoral de la Katholieke Universiteit Leuven, disponible en https://lirias.kuleuven.be/handle/123456789/454010.

Moreira, Rafael, 1991. *A Arquitectura do Renascimento no Sul de Portugal: a encomenda régia entre o moderno e o romano*. Tesis doctoral de la Faculdade de Ciências Socais e Humanas, Universidade Nova, Lisboa.

Pereira, Paulo, 2003. *De Aurea Aetate - o coro do Convento de Cristo em Tomar e a simbólica Manuelina*. Lisboa: IPPAR.

Viollet-Le-Duc, E.E. 1854-1858. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle.* Vol. 4. http://fr.wikisource.org/wiki/Dictionnaire_raisonné_de_l architecture_française_du_XIe_au_XVIe_siècle (consultado el 10 abril 2015)

Análisis de las bóvedas mayas de la Acrópolis de La Blanca (Petén, Guatemala)

Laura Gilabert Sansalvador
Gaspar Muñoz Cosme

La bóveda de aproximación es el sistema constructivo utilizado por los antiguos mayas para cubrir las estancias nobles de su arquitectura pétrea. Esta solución se basa en construir dos paramentos inclinados, simétricos, convergentes y estructuralmente independientes que son rematados por una losa superior denominada clave o tapa. Partiendo de las dimensiones de la estancia, delimitada por los muros de carga que sustentan la bóveda, se crea así un espacio interior cuya parte superior se eleva y se estrecha hasta confluir en la clave, que en algunos casos es decorada con diferentes motivos pictóricos.

La construcción de estas bóvedas es sencilla por la independencia estructural de sus lados, por lo que no precisa de cimbras, y solamente es necesaria una estrategia constructiva adecuada para ir equilibrando estáticamente cada una de las hiladas horizontales de dovelas que se van colocando. Estas características constructivas obligaron a que las luces que habitualmente se obtenían estuvieran limitadas, siendo lo habitual encontrar bóvedas de entre 1,80 y 2,10 m de luz, y en muy contadas ocasiones se encuentran algunas que sobrepasan los 3,00 m.

El desarrollo del sistema constructivo de la bóveda de aproximación en el área maya tiene un largo recorrido histórico. Así podemos detectar ya la utilización de bóvedas en el Preclásico Tardío (Sharer 1998, 118) y su uso continuado, con muy pocas variaciones, hasta el Postclásico, es decir, cerca de 2.000 años de tradición constructiva.

En algunas ocasiones se han realizado clasificaciones de las bóvedas mayas atendiendo a la forma de su sección, y podemos encontrarnos una amplia variedad de soluciones tales como las curvadas, las escalonadas o las de botella, que nos muestran la gran importancia que tuvo la solución formal, en algunos casos también vinculada a la solución constructiva.

Muchas de estas bóvedas se encuentran en la actualidad en edificios que fueron abandonados hace más de mil años y su estado actual, debido al proceso erosivo del medio natural y a su falta de conservación, suele ser precario. Por ello una faceta muy importante de las investigaciones sobre las bóvedas mayas es el ampliar el conocimiento de sus características constructivas y estructurales para así, poder diseñar sistemas de evaluación rápida de la situación de riesgo en la que se encuentren estas bóvedas, y estudiar las posibles soluciones para su restauración.

La Acrópolis de La Blanca

La Blanca es una antigua ciudad maya situada en la cuenca baja del río Mopán, en una zona de terrenos de cultivo al norte de uno de sus afluentes, el río Salsipuedes.

El conjunto arquitectónico más notable de La Blanca es su Acrópolis (figura 1). Situada al sur de la Plaza Norte y bordeada por el oeste por la Gran Calzada, se levanta sobre un basamento escalonado que se eleva unos 8 m sobre su entorno, ocupando una superficie aproximada de 3.000 m², incluyendo la terraza que prolonga su superficie hacia el sur.

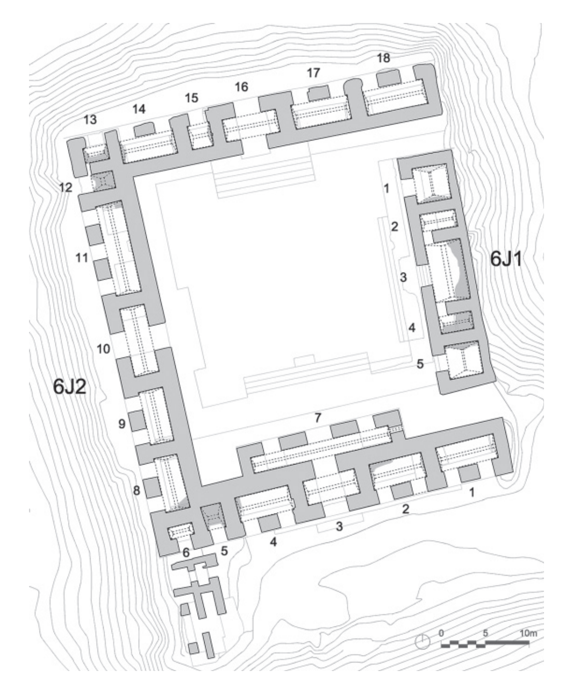


Figura 1
Planta de la Acrópolis de La Blanca con indicación de los restos de bóvedas hallados (Archivo Proyecto La Blanca, 2015)

Se trata de un conjunto palaciego de tamaño colosal en el que un edificio en forma de C, al que denominamos 6J2, delimita un patio o plaza central cuadrada de 36 m de lado. Sobre la superficie de la plaza, y cerrando el flanco oriental, se sitúa el edificio 6J1 o Palacio de Oriente, una singular construcción palaciega de unos 28 m de longitud por 8 m de anchura, con cinco estancias y tres únicas puertas que dan a la plaza central de la Acrópolis.

El edificio 6J2 cuenta con 18 estancias, estando todas abiertas solamente hacia el exterior de la Acrópolis, excepto las cuatro que son de paso y tienen puertas enfrentadas, por lo que la mayoría de sus muros son ciegos hacia el interior del patio central, dando una especial privacidad a este espacio urbano. Este conjunto palaciego presenta algunas características notables que lo distinguen del resto de los conjuntos similares del área maya. En los estudios realizados por el Proyecto La Blanca las estancias del edificio 6J2 se clasificaron en tres tipos, A, B y C, pero en todos ellos los dinteles de sus puertas de acceso estaban colocados a 4 m de altura sobre el piso, lo que supone un tamaño que casi duplica al habitual en los palacios del área maya, y la luz de las sus puertas alcanza los 1,72 m (Muñoz 2006, 30-31).

Las bóvedas que cubrían las estancias del edificio 6J2 tenían sus claves a una altura aproximada de 6,70 m sobre el pavimento y las luces de estas bóvedas, es decir la anchura de las estancias, son próximas a los 3,00 m. Todas estas medidas nos hablan de unos espacios interiores mucho mayores que los habituales en edificios similares del área maya.

A finales del siglo XIX y a principios del XX algunos viajeros y exploradores como Teobert Maler o Raymond F. Merwin visitaron La Blanca. Llamaban la atención los muros visibles de la Acrópolis que asomaban por encima de los montículos, por lo que se le llegó a denominar «El Castillito», debido a la semejanza de estos sólidos muros con los de un castillo medieval. Se conservan algunas fotografías tomadas por Merwin en 1914 en las que se pueden apreciar algunos muros visibles de la Acrópolis y una bóveda que se conservaba entera.

En los años 90 del siglo XX se realizaron algunas inspecciones por parte de personal dependiente del Instituto de Antropología e Historia de Guatemala



Figura 2
Fotografía de los restos de la bóveda del cuarto 1 del Palacio de Oriente tomada por J. Navarrete en 1996 (Fotografía J. Navarrete, 1996)

(IDAEH), de las que constan algunas fotografías realizadas por el fotógrafo español Jerónimo Navarrete (figura 2), y se adoptaron algunas medidas de urgencia, tales como la colocación de apeos y el apuntalamiento de aquellas estructuras visibles que tenían un aspecto más amenazante de ruina.

El Proyecto la Blanca inició su andadura en el año 2004, y durante once campañas de campo se ha podido poner al descubierto y consolidar los edificios de la última fase de la Acrópolis, llevando a cabo una minuciosa toma de datos arquitectónicos.

De un análisis pormenorizado de la Acrópolis de La Blanca se podría deducir una secuencia constructiva de su última fase (Muñoz, Vidal y Peiró 2010, 384), pudiendo establecer que el denominado edificio 6J2 no fue construido de una sola vez, sino que se edificaron primero las alas norte y sur, delimitando la plaza central de la Acrópolis, y posteriormente se construyó el ala oeste, cerrando totalmente la plaza y modificando los extremos occidentales de las primitivas alas para conseguir una adecuada armonía compositiva de las fachadas del edificio (figura 3). Esta afirmación está basada en el examen visual de los cuartos 5, 6, 12 y 13, en donde se encuentran las huellas arquitectónicas de las transformaciones sufridas. Efectivamente los cuartos de los extremos occidentales de las alas norte y sur fueron modificados, quedando reducido su espacio interior inicial, y por tanto la bóveda que lo cubría, para poder ajustar así más libremente la composición de la fachada oeste de la Acrópolis (figura 4).

Posiblemente el Palacio de Oriente fue edificado coincidiendo con la primera fase del 6J2 y luego tuvo diversas remodelaciones y adaptaciones que sirvieron para elevar los pavimentos interiores de las estancias 1 y 3, especialmente de esta última, cuyo piso se encuentra a 2,10 m de la superficie de la plaza (Muñoz 2007, 23-24). Este edificio, con una tipología muy singular, es el principal de la Acrópolis y presumiblemente fue el palacio del gobernante de La Blanca. Su sala central posee una superficie de casi 30 m² y debió ser el espacio principal de las audiencias del gobernante. Cuenta con otras dos estancias auxiliares, posiblemente destinadas a almacenar los bienes que se recibían en ofrenda.

En los estudios arqueológicos realizados se ha podido comprobar que se utilizó cinabrio como pigmento en las paredes interiores y que además hay una gran riqueza de grafitos incisos en la sala principal. Todo esto unido al alarde estructural de sus bóvedas, con luces que sobrepasan los 4,00 m, convierte al Palacio de Oriente de La Blanca en uno de los edificios más singulares del área maya.

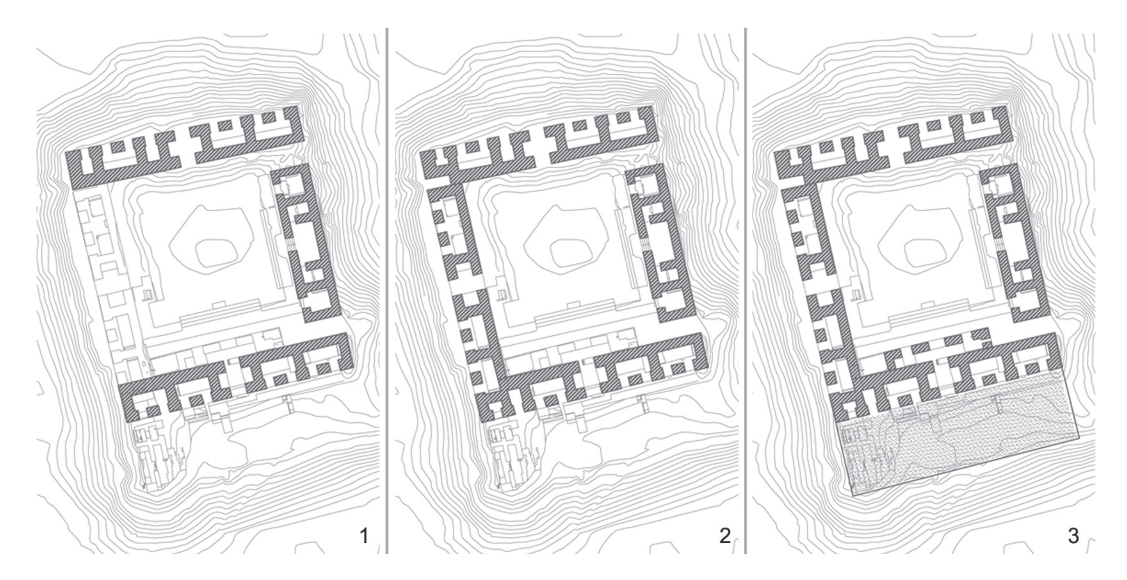


Figura 3
Fases constructivas de los edificios 6J1 y 6J2, modificado de (Muñoz, Vidal y Peiró 2010, 384)



Figura 4
Bóveda del cuarto 13 (Fotografía L. Gilabert, 2015).

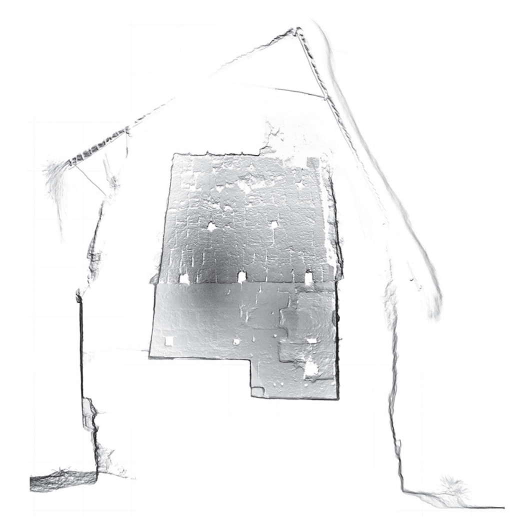


Figura 5
Sección longitudinal del cuarto 2 (6J1) obtenida a partir de la nube de puntos (Archivo Proyecto La Blanca, 2011).

Metodología

Desde los inicios de las excavaciones en La Blanca en el año 2004, se han podido documentar los restos hallados de las 23 bóvedas de los edificios 6J1 y 6J2 mediante levantamientos con sistemas tradicionales, realizados a partir de la toma de medidas sobre croquis dibujados a mano alzada y apoyados en los levantamientos topográficos generales que se realizaron en los años 2004 y 2005. A partir del año 2011 se han introducido nuevas técnicas de levantamiento con el apoyo de tecnologías láser y digitales.

En las últimas tres temporadas de campo se han documentado con escáner láser la totalidad de los edificios de la Acrópolis y, complementariamente, se ha realizado un levantamiento fotogramétrico de las bóvedas existentes. La combinación de estas dos informaciones ofrece la oportunidad de disponer de un modelo tridimensional muy preciso y con textura fotográfica, que permite el análisis y la investigación pormenorizada de las características de los restos hallados, pudiéndose realizar hipótesis sobre las bóvedas originales y posibles reconstrucciones ideales, lo que contribuye a mejorar los resultados obtenidos y la difusión científica de los mismos (figura 5).

El análisis de las bóvedas se ha realizado a partir de la observación directa de los restos y con el apoyo de la maqueta tridimensional obtenida, lo que permite un análisis geométrico y constructivo de las bóvedas mucho más profundo que el que se podía realizar con los levantamientos tradicionales, ya que proporciona una información volumétrica completa con gran nivel de detalle.

Del total de las 23 bóvedas de aproximación que tuvo el conjunto palaciego de la Acrópolis, tres conservan sus cuatro lados e incluso la tapa (cuarto 2 del edificio 6J1 y cuartos 5 y 12 del 6J2), y un 40% de las bóvedas conservan al menos parte de tres de sus lados, generalmente de la semibóveda interior y de los testeros laterales, por lo que se pueden deducir sus características constructivas y recomponer su geometría.

En nueve de las estancias la bóveda ha colapsado en su totalidad y la altura actual de los muros no alcanza la línea de impostas, por lo que no se conservan restos de la plementería de las bóvedas. En estos casos, se pueden establecer hipótesis sobre su geometría a partir de las dimensiones en planta de los cuartos y los datos de alturas e inclinaciones de las estancias similares en las que todavía se conservan restos.

Hay que tener en cuenta que el proceso de ruina que se puede deducir del estado actual de los edificios aporta otro tipo de evidencias que, si las analiza-

mos, nos proporcionan algunas informaciones sobre las características constructivas de las bóvedas. También las estructuras parcialmente arruinadas permiten entender con claridad los sistemas constructivos, ya que nos dejan ver en su estado actual verdaderas secciones constructivas del edificio. Además, durante la excavación se han recuperado dovelas y piezas de tapa que permiten tener más datos sobre las bóvedas desaparecidas: el conocimiento de la geometría exacta y la posición de las dovelas caídas junto con el análisis del mecanismo de colapso de las estructuras permiten realizar hipótesis sobre las características constructivas de las bóvedas e incluso llevar a cabo procedimientos de reconstrucción virtual a partir de la digitalización de las piezas.

En otras ocasiones en el propio relleno de mampostería encontramos perfectamente marcada la impronta de las dovelas y los sillares desprendidos, y en algunos cuartos se puede distinguir claramente la huella de los dinteles de madera sobre la fábrica en lo que fueron sus apoyos, lo que nos ha permitido determinar la altura de los vanos y aproximarnos a las características constructivas de estas piezas (figura 6).

A partir de todos los datos recopilados se elabora una ficha pormenorizada de cada una de las bóvedas y se construye una base de datos general con toda la información, lo que permite realizar búsquedas selectivas y comparar datos. Esta base de datos también servirá para realizar análisis comparativos con las bóvedas de otros sitios arqueológicos del área maya.



Figura 6
Hastial este del cuarto 15 en el que se puede ver la línea de impostas y la impronta de los dinteles (Fotografía L. Gilabert, 2015)

Cada bóveda se ha restituido gráficamente, analizando los aparejos, los encuentros y los detalles, y se toman los datos de alturas, proporciones, inclinaciones, dimensiones de sillares, dovelas y losas de tapa, así como qué porcentaje se conserva de cada uno de los lienzos.

Análisis de las bóvedas

Las bóvedas de aproximación del edificio 6J2 cubren unas estancias de 2,95 m de anchura, una luz considerablemente mayor que la mayoría de las bóvedas de la región de Petén, que no suelen sobrepasar los 2 m. La longitud de la mayoría de los cuartos está entre 6 y 6,50 m, aunque los hay más largos (10,72 m el cuarto 11 y 16,22 m el cuarto 7), no siendo esta dimensión una limitación para el sistema constructivo de aproximación de hiladas horizontales, aunque sí



Figura 7
Cuarto 4 del edificio 6J2 (Fotografía L. Gilabert, 2015).

que puede introducir ciertas variables que afectan a su estabilidad en situaciones extremas.[1] La estancia más habitual en este edificio, con una superficie aproximada de 18,50 m^2 y clasificada como Tipo A, posee unas amplias y majestuosas banquetas en su interior, alcanza una altura libre hasta la cara inferior de la tapadera de 6,70 m y como acceso tiene dos puertas de 4 m de altura situadas en el mismo paramento (figura 7). Es muy importante considerar que son precisamente los vanos los puntos débiles estructurales, que suelen generar el colapso de las bóvedas: debido a la desaparición de los dinteles originales de madera de chicozapote se desencadena el derrumbe de las semibóvedas exteriores (Muñoz 2006, 29).

Los muros de carga que sustentan las bóvedas son fábricas de entre 1,50 y 2,00 m de espesor, formadas por dos caras de sillares de piedra caliza de unas dimensiones medias de 60 x 40 cm y entre 20 y 25 cm de grosor, ancladas al relleno interior de mampostería y mortero de cal mediante sillares colocados de canto o llaves (Muñoz 2006, 31). Se levantan hasta los 4,40 m de altura, y se rematan con una hilera de sillares colocados a testa sobre los que apoya la primera dovela, generando un voladizo de unos 6 cm que configura la línea de impostas. Esta última hilada del muro se cierra por el exterior con la pieza de cornisa, un gran sillar que vuela unos 30 cm sobre el lienzo vertical de fachada y, que junto con la cornisa superior, delimita el plano inclinado del trasdós de las bóvedas, rematado exteriormente por un aparejo de pequeñas piedras alargadas y recubierto por una gruesa capa de estuco (Muñoz 2007, 25).

A partir de la línea de impostas se aparejan sin traba entre sí las dovelas trapezoidales, unas piezas que presentan una cara plana rectangular de unos 25 x 35 cm, y una longitud de entre 55 y 60 cm de profundidad, con cuatro caras labradas y la parte trasera redondeada para ser contrapesada por el relleno, que garantiza la estabilidad de las bóvedas (figura 8). La cara vista de las dovelas se labra con la inclinación de la pendiente que debe llevar el paramento interior, que se mantiene entre los 60º y los 65º para las bóvedas del 6J2. Las dos semibóvedas independientes se cierran con la clave, en ocasiones precedida de unas pequeñas piezas intermedias que garantizan la nivelación del apoyo, como puede verse en los cuartos 5 y 12. Aunque en La Blanca no se conserva íntegramente ninguna cubierta original, se puede considerar que sobre la tapa superior solía haber un relleno de

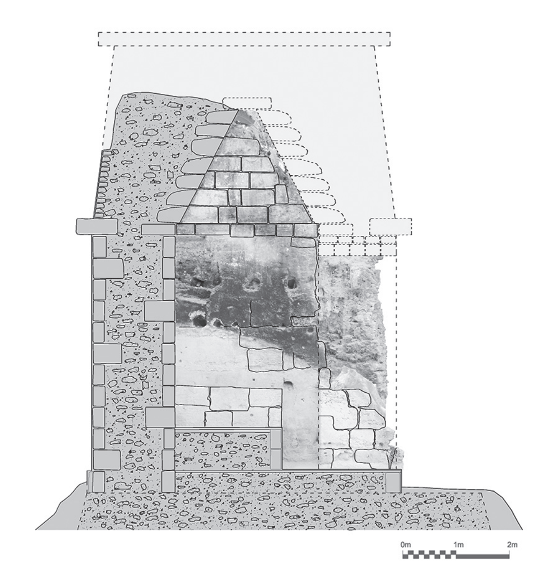


Figura 8
Sección constructiva e hipótesis de reconstrucción ideal del cuarto 14, realizada a partir del levantamiento fotogramétrico (Archivo Proyecto La Blanca, 2015)

entre 0,80 y 1,00 m hasta alcanzar el nivel del estuco superior de remate del edificio (Muñoz 2007, 23).

El espacio interior se cierra con dos hastiales o muros testeros, que arrancan en la línea de impostas con un voladizo similar al de las semibóvedas, y alcanzan el nivel superior de la bóveda con una inclinación menor que la de las dovelas, en torno a 80º sobre la horizontal. Sin embargo, estos muros transversales, que suponemos son construidos posteriormente a las semibóvedas, y por tanto se adosan a éstas, no están conformados por dovelas sino que presentan aparejo de muro, con sillares y llaves de atado insertas en el relleno (figura 9).

Al igual que las fachadas exteriores, el interior de las estancias se revestía en su totalidad con una gruesa capa de estuco, que era luego coloreada con pigmentos y muchas veces ha sido soporte de interesantes representaciones artísticas como los grafitos. [2]

Un elemento característico de las bóvedas mayas son los travesaños o morillos, que son rollizos de madera que se insertan en los paramentos de las bóvedas a distintas alturas. Aunque su función no ha sido determinada con certeza, podría aventurarse que sirvieran como elementos auxiliares durante la cons-

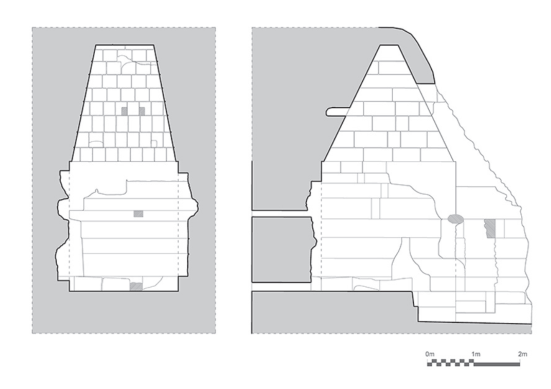


Figura 9
Secciones longitudinal y transversal del cuarto 5 (6J2), en las que se aprecia la diferencia entre los aparejos de bóveda y testero (Archivo Proyecto La Blanca, 2007).

trucción de las bóvedas y posteriormente se mantuvieran como elementos de mobiliario interior.[3] Algunos de estos morillos todavía se pueden ver en estancias del Palacio Maler o del Palacio de los Cinco Pisos en la Acrópolis Central de Tikal. En La Blanca no se conservan los originales, pero sí las perforaciones donde estuvieron insertos.

En el edificio 6J2 existen ocho cuartos de características similares tal y como las que se han descrito. Pero además hay otras estancias que tuvieron bóvedas con algunas características distintas:

En los cuartos denominados Tipo B (Muñoz 2006, 30-31), aparecen las bóvedas de menor tamaño (cuartos 5, 6, 12 y 13). Situadas en las esquinas y fruto de la transformación de los extremos de las alas norte y sur, son precisamente las que mejor se conservan debido a su menor longitud.

Otras bóvedas singulares fueron las de los cuartos de paso (Tipo C), los identificados como 3, 10 y 16, cuyas dos semibóvedas apoyaban sobre dinteles, razón por la cual han sufrido una mayor destrucción y no se ha conservado ningún resto.

El cuarto 11 es un caso especial con 3 vanos en un mismo paramento y casi 11 m de longitud. Similar a este cuarto era originalmente el que más tarde fue dividido en los cuartos 14 y 15, mediante un muro que se adosó a la bóveda original formando dos testeros intermedios (Muñoz, Vidal y Peiró 2010, 384).

Y por último, el cuarto 7, adosado posteriormente a la fachada interior del ala sur y seguramente de menor altura (Muñoz, Vidal y Peiró 2010, 383). No se conservan restos de su bóveda, de 2 m de luz y 16,20 m de longitud, abierta por el extremo este por un vano coronado por un singular arco de aproximación.

Las bóvedas del Palacio de Oriente

El edificio más notorio de la Acrópolis de La Blanca es sin duda el Palacio de Oriente o 6J1, lo que también se refleja en la singularidad de cada una de sus

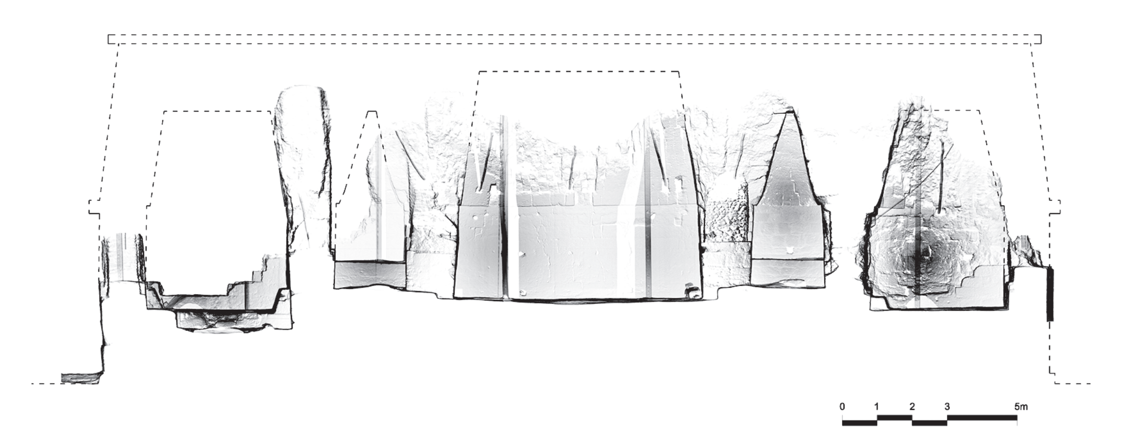


Figura 10
Sección longitudinal del Palacio de Oriente e hipótesis de reconstrucción ideal a partir de la nube de puntos (Archivo Proyecto La Blanca, 2015).

bóvedas, tanto por sus dimensiones como por sus características constructivas.

Con el apoyo del levantamiento digital con escáner láser se han podido examinar con detalle los restos de las bóvedas existentes y comprobar con exactitud las dimensiones, las pendientes y las plementerías, con el objetivo de investigar las características de estas bóvedas y realizar hipótesis sobre su geometría original (figura 10).

La estancia central cuenta con una luz de 4,10 m, una dimensión mucho mayor de lo habitual en las bóvedas mayas de aproximación. Conserva parte de los dos testeros y un 60% de la semibóveda interior, por lo que se han podido comprobar las inclinaciones de estos lienzos, que son 82º y 66º respectivamente, pendientes muy similares a las de las bóvedas del 6J2. A partir estos datos se ha podido determinar que la altura de la tapa sería de 6,53 m, a la que si sumamos los 2,10 m que fue recrecido el pavimento original sobre el nivel del patio obtendríamos una sala de 8,63 m de altura antes de su transformación (figura 11).

Desde este cuarto se accede a dos pequeñas estancias auxiliares de 2,10 m de luz cubiertas con bóvedas con directriz perpendicular al resto. La situada más al sur (cuarto 2) conserva tres de sus lados, así como parte de la tapa, por lo que se han podido estudiar con detalle sus características geométricas y estereotómicas. En este caso se trata de una bóveda con pendiente no constante o rectificada a partir del inicio de la segunda hilada de dovelas. Esta operación, posiblemente con una intención espacial, demuestra que el trazado de las bóvedas estaba previamente planificado y proyectado (Muñoz, Vidal y Perelló 2008). Además se demuestra en este ejemplo la destreza y el conocimiento de estereotomía de los canteros de La Blanca, pues encontramos en este cuarto dovelas de esquina, con las dos inclinaciones de bóveda y testero labradas.

Las estancias laterales del Palacio, los cuartos 1 y 5, tienen 4 m de luz y son de planta cuadrada, un rasgo singular en la arquitectura maya. Se conserva completo el testero norte del cuarto 1, por lo que se ha podido determinar la altura del cuarto y la pendiente de las semibóvedas.

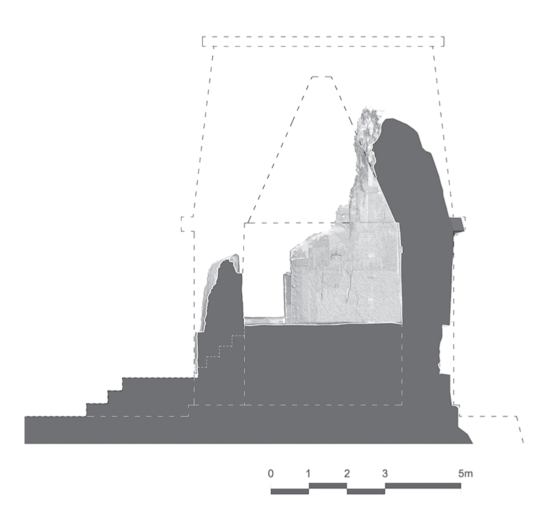


Figura 11
Sección transversal del cuarto 3 (6J1) e hipótesis de fases previas y reconstrucción ideal a partir del levantamiento con escáner láser (Archivo Proyecto La Blanca, 2015)

Conclusiones

A partir del levantamiento digital es posible estudiar con detalle la estereotomía de las bóvedas, y se ha podido comprobar que en todas las de La Blanca los testeros se construyen como muros, tanto en las del edificio 6J1 como en las del 6J2, e incluso en aquellas que fueron transformadas con posterioridad. Los muros hastiales, que se adosan a las semibóvedas para cerrar el espacio, aun siendo inclinados, trabajan y se traban con el relleno como los muros, mediante sillares y llaves, y no con dovelas como las bóvedas.

Del análisis detallado de las características formales, geométricas y constructivas de las bóvedas de La Blanca se deduce que se trata de una arquitectura con dimensiones muy superiores a las habituales, con luces de casi 3 m en el edificio 6J2 y de hasta 4,10 m en el caso del edificio 6J1. Estas luces, como ya hemos indicado, son muy poco habituales en la arquitectura maya de Petén, donde pocas veces superan los 2 m, pero también en el área maya, donde raramente la luz va más allá de los 3 m.

Las dimensiones de las estancias y las características constructivas de las bóvedas del Palacio de Oriente hacen que éste sea un edificio excepcional y único en el área maya, con características muy singulares que demuestran la experiencia y la destreza de sus constructores, y el desafío arquitectónico que

quisieron mostrar al introducir en este edificio todo un alarde estructural, llevando el uso de la bóveda de aproximación de hiladas horizontales a sus límites estáticos.

Notas

Los autores agradecen expresamente el apoyo del Ministerio de Economía y Competitividad de España, a través de la financiación del proyecto de investigación *Arquitectura maya. Sistemas constructivos, estética formal y nuevas tecnologías*, *BIA2014-53887-C2-1-P*, así como el patrocinio del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, a través de la financiación obtenida por el *Proyecto Arqueológico La Blanca* dentro del programa de ayudas para Proyectos Arqueológicos en el Exterior, que han contribuido de forma determinante a hacer posibles las investigaciones y la obtención de los resultados que se exponen en esta publicación.

1. En el análisis del comportamiento estructural de las bóvedas debemos considerar el arriostramiento transversal generado por los testeros. Debido a éste en la mayoría de los casos se conservan los extremos de las semibóvedas interiores, arriostradas por los hastiales, mientras que la parte central ha colapsado.
2. Sobre los grafitos que aparecen en los muros de La Blanca véase la publicación *Los grafitos de La Blanca. Metodología para su estudio y análisis iconográfico* (Vidal y Muñoz 2009).
3. En las vasijas cerámicas polícromas con escenas palaciegas aparecen muchas veces cortinajes que decoraban las estancias de la corte, y que seguramente se colgaban de los morillos.

Lista de referencias

Muñoz Cosme, Gaspar. 2006. Proporción y arquitectura. En *La Blanca. Arqueología y clasicismo,* editado por G. Muñoz Cosme y C. Vidal Lorenzo, 27-36. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Muñoz Cosme, Gaspar. 2007. El Palacio de Oriente. En *La Blanca y su entorno. Cuadernos de arquitectura y arqueología maya,* editado por C. Vidal Lorenzo y G. Muñoz Cosme, 21-28. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Muñoz Cosme, Gaspar; C. Vidal Lorenzo y A. Peiró Vitoria. 2010. La arquitectura de la Acrópolis de La Blanca. *Arché*, 4-5: 381-386.

Muñoz Cosme, Gaspar; C. Vidal Lorenzo y R. Perelló Roso. 2008. Características formales y constructivas de la bóveda maya del Palacio de Oriente de La Blanca. *Arché,* 3: 335-340.

Sharer, Robert J. 1998. *La civilización maya.* México: Fondo de Cultura Económica.

Vidal Lorenzo, Cristina y Gaspar Muñoz Cosme. 2009. Los grafitos de La Blanca. Metodología para su estudio y análisis iconográfico. En *Los grafitos mayas. Cuadernos de arquitectura y arqueología maya 2,* editado por C. Vidal Lorenzo y G. Muñoz Cosme, 99-119. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Láminas de celosía: innovación tecnológica y prefabricación

Raúl González Bravo

La unión entre diferentes elementos estructurales es una problemática común a todo tipo de estructuras metálicas, ya que si bien es posible producir las barras que componen el entramado de forma industrializada y precisa, es a la hora de ensamblar éstas entre sí logrando que transmitan adecuadamente los esfuerzos entre sí cuando surgen importantes aspectos a resolver.

En el caso específico de las láminas de celosía se afronta, además, la complejidad añadida de que dicha unión implica la acometida de múltiples elementos estructurales, habitualmente seis, en diferentes direcciones del espacio que, por la propia naturaleza de las superficies curvas, hacen prácticamente imposible lograr la uniformidad de los parámetros geométricos locales de los distintos nodos de la retícula.

La superación de esta problemática ha sido una lucha constante desde que ya a finales del siglo XIX los ingenieros alemanes A. Föppl y J. Schwelder formularan sus primeras teorías sobre el comportamiento y análisis de las superficies curvas formadas por entramados metálicos (Kurrer 2008). Con esta finalidad, las estrategias empleadas en el diseño y fabricación de los sistemas empleados en su construcción ha evolucionado notablemente a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, de forma paralela a la vertiginosa evolución tecnológica que tiene lugar en esta época, especialmente en lo que se refiere a las tecnologías de automatización de los procesos de fabricación.

La intención de este texto es, mediante el análisis paralelo de, por una parte, la evolución de las mencionadas tecnologías de automatización y, por otra, de una serie de ejemplos paradigmáticos en la evolución de las láminas de celosía a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, establecer la relación específica existente entre la aparición e implantación de una serie de innovaciones tecnológicas y su impacto en la evolución formal y constructiva de las láminas metálicas de celosía.

Las tecnologías de *mass*-production y la búsqueda del *conector universal*

La problemática del ensamblaje en un mismo punto del espacio de varios elementos estructurales fue ya afrontada por los pioneros de esta tipología estructural, como el propio J. Schwelder en las cúpulas proyectadas para la cobertura de gasómetros (figura 1) (Kurrer 2008), o por el ruso V. Shukhov quien, para la construcción de varios hiperboloides mediante entramados metálicos triangulados, propuso un sistema basado en el solapamiento de barras rectas que posteriormente se unían mediante roblonado (Azpilicueta 2011). Este concepto es similar al empleado posteriormente por F. Lederer en la cúpula construida en 1958 en Brno, aunque empleando unas bridas metálicas para su sujeción provisional y una unión definitiva mediante soldadura (Makowski 1968). No obstante, este tipo de uniones planteaba un importante inconveniente, que es la excentricidad de los esfuerzos en la unión.

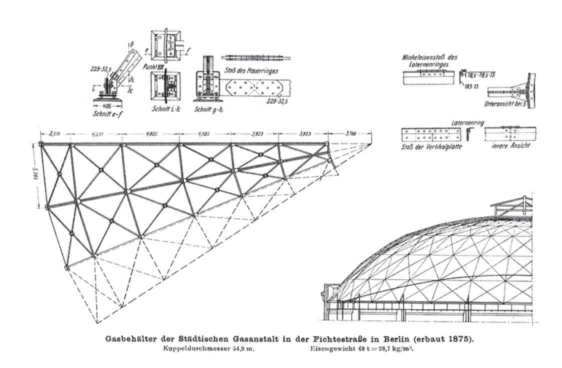


Figura 1
Proyecto de J.W. Schwelder, en 1973, para la construcción de una cúpula de un gasómetro en Berlín. (Kurrer 2008)



Figura 2
Imagen de los componentes del sistema SDC previos a su empleo en la estructura. (du Chateau 1984)

En la superación de este inconveniente, probablemente el primer sistema concebido para ensamblar los diferentes elementos en un mismo punto, mediante un elemento específico o *conector* es el diseñado para la construcción de la armadura de la cúpula del planetario Zeiss en Jena, obra de W. Bauersfeld. Aunque esta estructura se construye en hormigón armado, su armadura emplea una serie de barras unidas por unos conectores idénticos que, mediante atornillado y presión, unen las distintas barras (Rühle y Müther 1988). No obstante, el hecho de requerir un importante número de barras diferentes penalizaba de forma importante su economía de fabricación (Kurrer 2008).

En todo caso es a partir de la década de 1950 cuando comienzan a surgir diversos sistemas, descritos a continuación, que tratan de lograr la prefabricación de este tipo de estructuras mediante el empleo de componentes idénticos en su construcción.[1]

Tecnologías de fundición: el sistema SDC

En 1958 el ingeniero francés S. du Chateau diseña el sistema que lleva sus iniciales para la construcción de la cúpula de la sala de turbinas de la central eléctrica de Grandval (Francia). Este sistema estaba basado en el empleo de un nudo que constaba de dos casquetes de acero (figura 2) que, unidos entre sí, conformaban un conector hueco con forma de estrella (du Chateau 1963).

El diseño del conector permite alojar las barras, de sección circular hueca, todas ellas de la misma longitud y sin tratamientos específicos en sus extremos, en su interior y, posteriormente, realizar la unión mediante la soldadura perimetral entre las barras y el nudo. Todo ello hace posible la principal virtud de este sistema: la posibilidad de regular tanto la longitud de las barras como su ángulo de acometida en los distintos encuentros, mediante su deslizamiento y/o giro en el interior del nudo (figura 3) (du Chateau 1984), permitiendo por tanto que este sistema pudiese emplearse para la construcción de un entramado cuyos nodos presentaban una gran dispersión en sus *parámetros geométricos locales*, como es el caso de Grandval, aunque también fue empleado en la construcción de bóvedas cilíndricas.[2]

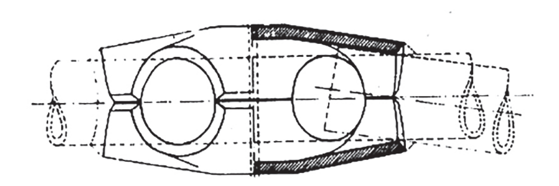


Figura 3
Sección del nudo SDC, en la que se aprecia la posibilidad de deslizar y girar las barras en el interior del nudo. (du Chateau 1963)

Extrusión y estampación: el sistema Triodetic

En la misma época, la empresa canadiense Fentiman&Sons, especializada en la fabricación de componentes de aluminio para diversos usos, desarrolla y patenta el sistema Triodetic, consistente en un conector cilíndrico de aluminio que disponía de una serie de ranuras dentadas en las que se deslizaban los extremos de las barras del mismo material, con unos extremos adaptados a dicha forma (figura 4). La conexión se completaba mediante unas arandelas del mismo diámetro del conector, fijadas mediante un perno y dos tuercas para evitar el deslizamiento incontrolado de las barras (Fentiman 1963).

Los nudos se producían mediante un procedimiento de extrusión, de manera que con la sustitución de la coquilla era posible, para nudos del mismo diámetro, realizar variaciones en los ángulos de las ranuras de forma relativamente sencilla, aún con procedimientos no automatizados. Por otra parte, la conformación mediante estampación de los extremos de las barras hacía posible la adaptación de los ángulos de conformación de forma manual sin penalizar excesivamente la economía del proceso de fabricación (Fentiman 1967).

La posibilidad del sistema para adaptar sus componentes a diversos parámetros geométricos locales para una misma estructura hizo posible su aplicación en la construcción no sólo de bóvedas, sino también de cúpulas de entramado triangular de rotación (figura 5), pero también geodésicas, ya que ambas subdivisiones de la esfera resultan en un número limitado de parámetros geométricos locales variables en los nodos (Makowski 1984).

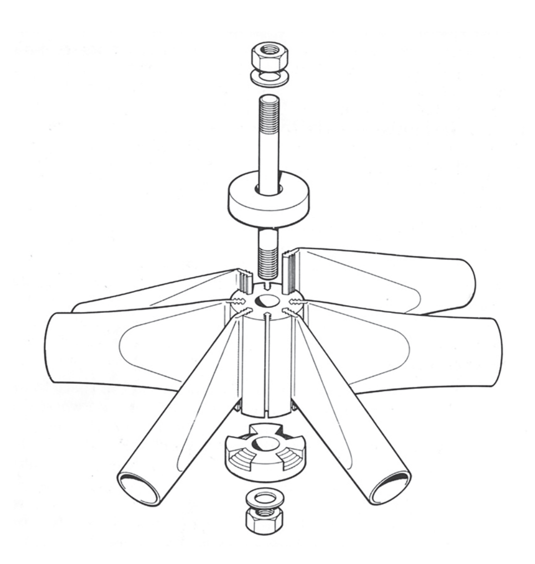


Figura 4
Perspectiva del sistema Triodetic. (Elliot 1984)



Figura 5
Cúpula de 43m de luz para la cubierta del Jardín Botánico de Vancouver, construida en 1970 empleando el sistema Triodetic. (Elliot 1984)

Las tecnologías de *control numérico* y la *automatización flexible*

Mientras diversos diseñadores y empresas centraban sus esfuerzos en el desarrollo de sistemas constructivos basados en el empleo de componentes idénticos o con ligeras variaciones en los mismos, debido a la necesidad de su producción masiva y repetida en la búsqueda de la economía, tenía lugar, a partir de la década de 1950, el inicio de la denominada como Tercera Revolución Industrial.

A finales de los años 40 J.T. Parsons concibe un sistema para desplazar la mesa de trabajo de una fresadora mediante coordenadas numéricas, obteniendo en 1949 un contrato con la Fuerza Aérea de los Estados Unidos [USAAF] para su desarrollo por parte de la empresa Parsons Corporation y el Massachusetts Insitute of Technology [MIT], en lo que puede considerarse como el origen del *control numérico*. El primer prototipo de máquina dirigida por esta tecnología se construye en el MIT en el año 1952, consistente en una fresadora con tres ejes de movi-

miento para la mecanización frontal de chapa de aluminio (Kalpakjian y Schmid 2014; Groover 2014).

Como complemento a esta tecnología comienzan a surgir avances como el APT o *automatic programmed tools*, a partir de 1957 (Ross 1978), y, ya en la década de 1960, los procedimientos de control de las máquinas mediante ordenadores, siendo en una primera etapa remotos y, cuando su abaratamiento lo hizo posible, ya dedicados específicamente al control de una determinada máquina, popularizando así la tecnología conocida como CNC o *control numérico computerizado* (Groover 2014).

De forma paralela al desarrollo de la tecnología de control numérico, en los años 60 la USAAF y el MIT comienzan a desarrollar la tecología del *dibujo asistido por ordenador* o CAD, sumándose a esa carrera las empresas más importantes del sector automovilístico y aeronáutico, propiciando la aparición de los primeros sistemas comerciales a finales de esta década (Chang, Wysk y Wang 2006), permitiendo la definición gráfica precisa de diversas formas geométricas, aspecto éste también esencial en la prefabricación de componentes estructurales (Tsuboi et al. 1984).

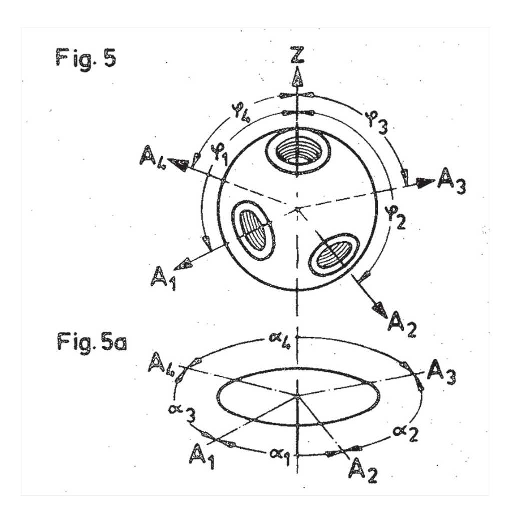


Figura 6
Esquema del nudo empleado por el sistema Mero KK. (Mengeringhausen 1974)

La automatización de conectores variables: el sistema Mero KK

Aprovechando estas nuevas posibilidades surgidas gracias al desarrollo tecnológico de la industria, y basándose en su conocido nudo poliédrico presentado en 1940, el ingeniero alemán Max Mengeringhausen diseña y patenta en el año 1974 el sistema denominado Mero KK [del alemán Kügelknoten o nudo esférico]. Este sistema, a diferencia de su predecesor, caracterizado por permitir la conexión de un gran número de barras pero en un número limitado de ángulos, hacía posible la unión de una serie de barras en distintas direcciones del espacio. Para ello el sistema Mero KK empleaba un conector de forma esférica truncada, presentando una serie de caras planas y taladros orientados en diversas direcciones del espacio (figura 6), adaptándose por tanto a los ángulos específicos de las diferentes barras a ensamblar.

Con la finalidad de hacer viable su fabricación, y además del propio conector, Mengerinhausen patenta una máquina dirigida mediante tres ejes de control numérico. Los dos primeros ejes, de rotación, permitían orientar la esfera en cualquier dirección del espacio y un tercero, de traslación, estaba encargado de aproximar frontalmente sobre la esfera la herramienta de fresado, taladrado o roscado (figura 7), y producir así las diferentes caras y taladros roscados (Mengeringahusen 1974).

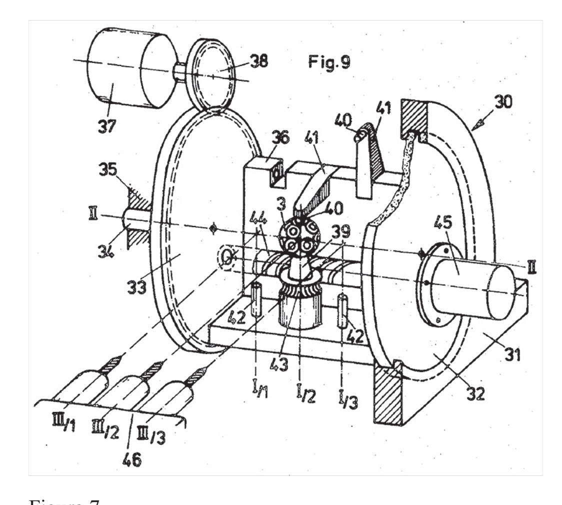


Figura 7
Máquina patentada para la fabricación automatizada, con parámetros geométricos variables, del nudo Mero KK. (Mengeringhausen 1974)



Figura 8
Cúpula geodésica para un invernadero en el Jardín Botánico de la Universidad Heinrich Heine, Düsseldorf. (Eberlein 1984)

Esta posibilidad de producir de forma automatizada conectores adaptados a parámetros geométricos locales variables supone toda una revolución en la construcción de mallas espaciales, no sólo de láminas de entramado, sino también de mallas espaciales curvas de doble capa. Este sistema se empleó, entre otras, en la construcción de numerosas cúpulas geodésicas (figura 8) a finales de la década de 1970 y principios de 1980.

No obstante, respecto a sistemas anteriores basados en la producción masiva y repetida de componentes, la fabricación de los conectores empleados por el sistema Mero KK implicaban, debido a este proceso de retirada de material, fresado y taladrado, implica necesariamente un cierto desperdicio de material.

Expansión de las posibilidades de las tecnologías de CAD-CAM

Los primeros desarrollos de la tecnología CAD, descrita en el apartado anterior, no pasaban de ser editores gráficos con posibilidades muy básicas de representación bi-dimensional, pero la invención del modelado de sólidos en los años 70 marca una nueva era, en la que se desarrolla el vínculo entre el software de representación y el de control numérico, haciendo así posible la transferencia directa de datos entre el proceso de diseño y de fabricación, tecnología conocida como CAD-CAM y que se extiende como práctica habitual en la industria a partir de finales de esta década (Chang, Wysk y Wang 2006).

Otra innovación relevante surgida en la década de 1980 es la introducción de ejes de control adicionales a las máquinas dirigidas por control numérico, ya que las máquinas con 3 ejes de control planteaban unas posibilidades limitadas de aproximación de la herramienta a la pieza a mecanizar. Si bien esta nueva tipología de maquinaria, conocida como de 5 ejes o *multi-eje*, ya se había desarrollado de forma experimental desde los inicios del control numérico, su funcionamiento implicaba una mayor dificultad de control y un coste económico notablemente superior por lo que este tipo de maquinaria, capaz de producir casi cualquier geometría imaginable en una pieza, no comienza a estar disponible, de forma generalizada, ya hacia 1985, limitándose hasta entonces casi exclusivamente a la industria aeronáutica (Apro 2008; Herrin 1995; Kalpakjian y Schmid 2014).

De forma similar al manejo de maquinaria mediante control numérico, la *robótica industrial*, que también comienza su andadura a partir de 1950, experimenta en esta misma época una importante expansión, gracias asimismo a la posibilidad de dotar a los *robots* de múltiples ejes de control y, por tanto, de la posibilidad de orientar las herramientas en casi cualquier dirección del espacio (Groover 2014).

Además, como evolución de los sistemas de CAD, en esta misma década tiene lugar el desarrollo de otra tecnología relevante en el desarrollo de las estructuras laminares metálicas: la representación gráfica o modelación de superficies de curvaturas complejas. Este desarrollo nace del trabajo, iniciado en 1960, del matemático francés Pierre Bézier para la empresa automovilística Renault, adquirido a mediados de los años 70 por la aeronáutica Dassault Aviation para emplearla como complemento de sus sistemas de CAD-CAM. Comienza entonces el desarrollo de un modelador tridimensional para la creación de superficies que concluye, en 1981, con la comercialización del programa informático CATIA (Weisberg 2008).

La aplicación de la robótica a la fabricación de elementos estructurales: la cubierta del Gran Patio del Museo Británico

En 1994 el estudio de arquitectura Foster&Partners, junto con la ingeniería Buro Happold, comienzan a desarrollar el proyecto para la rehabilitación del Museo Británico, que incluía, como una de sus principales estrategias y aportaciones, la cobertura de su patio central o Gran Patio. En la búsqueda de la máxima ligereza y transparencia la cubierta de este espacio se materializa como una lámina de celosía, que no responde a una superficie cilíndrica o esférica, sino a lo que se conoce como una superficie de *forma libre*, con una absoluta variabilidad en los parámetros geométricos locales a lo largo de todos los nodos de la malla (figura 9).

Para superar esta limitación, la empresa austriaca Waagner-Biro, encargada de la construcción de la estructura, desarrolla un sistema específico que emplea unos conectores, en forma de estrella, que reciben los extremos de las barras en sus espacios cóncavos para su posterior unión mediante soldadura. Estos nudos, como novedad, se fabrican mediante el corte plano (figura 10), dirigido por control numérico, de chapa gruesa de acero, permitiendo así la producción individualizada de nudos adaptados a los distintos ángulos de orientación de las barras, que se unen al nudo mediante un cordón continuo de soldadura (Sischka et al. 2001).

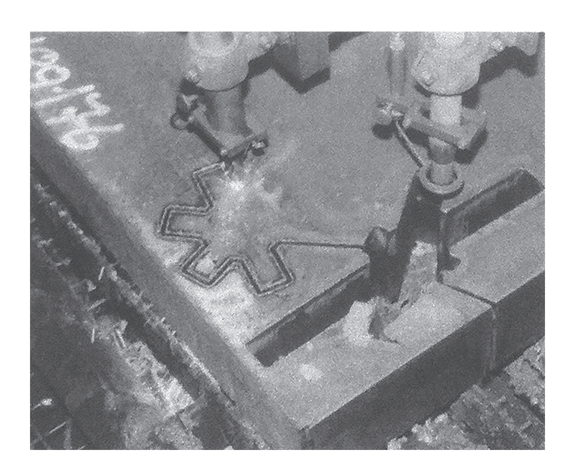


Figura 10
Fabricación de los conectores mediante corte de chapa de acero. (Sischka et al. 2001)

Pero es en la conformación de los extremos de las barras donde este sistema plantea su principal inno-



Figura 9
Imagen de la superficie de la cubierta de la cubierta del Gran Patio del Museo Británico (autor).

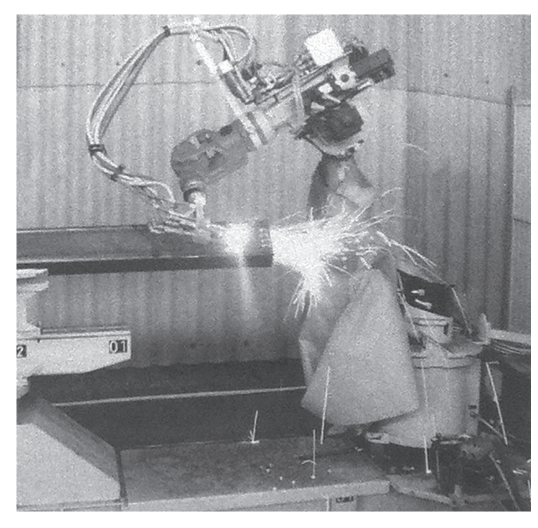


Figura 11
Conformación individualizada de los extremos de las barras mediante corte robotizado de los mismos. (Sischka et al. 2001)

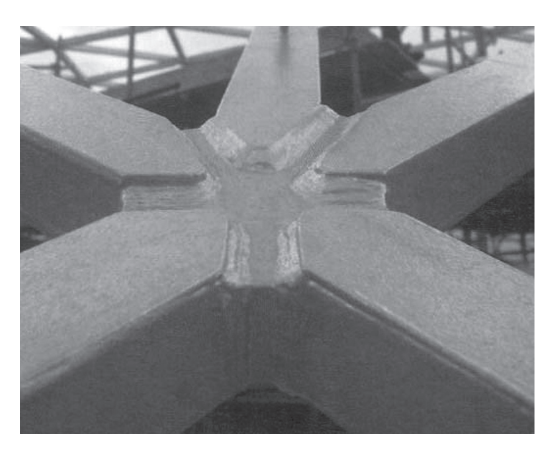


Figura 12
Imagen del conector empleado en la construcción de la cubierta. (Stephan, Sánchez-Álvarez y Knebel 2004)

vación: éstos se adaptan, individualmente, mediante el corte robotizado de sus extremos (figura 11). La posibilidad que ofrece el brazo del robot de orientarse en cualquier dirección del espacio permite adaptar cada una de las barras tanto a diferentes ángulos de orientación, como de inclinación y alabeo (Sischka et al. 2001).

Al igual que sucede con el sistema Mero KK, este procedimiento de fabricación implica, necesariamente, un grado de desperdicio de material en su fabricación más significativo que en el caso anterior, aunque esta innovación en su diseño y fabricación hicieron posible no sólo la construcción una superficie tremendamente compleja de forma prefabricada y precisa, sino además la materialización de una celosía casi homogénea, donde la presencia visual de los conectores es prácticamente imperceptible (figura 12), especialmente si se compara con los ejemplos anteriores construidos mediante los sistemas SDC, Triodetic o Mero KK.

La escultura como estructura y como componente: la cubierta del atrio de la sede del DZ Bank en Berlín

De forma casi simultánea al ejemplo anterior, el arquitecto Frank Gehry comienza a proyectar en 1996 la construcción de la nueva sede del DZ Bank en

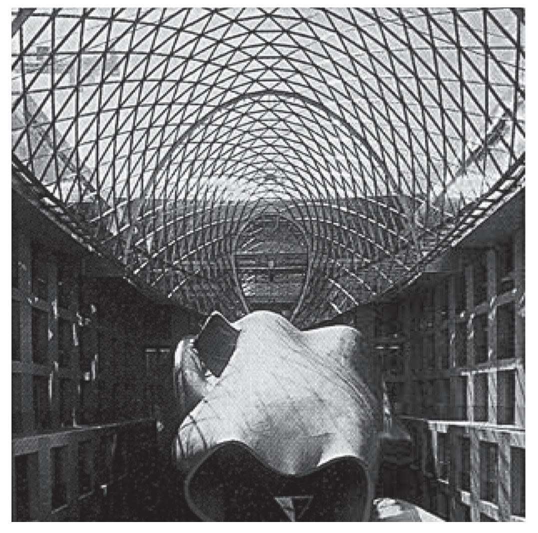


Figura 13
Imagen interior del atrio del DZ Bank, en la que se puede apreciar la gran complejidad formal de la superficie de cubierta. (Schlaich, Schober y Helbig 2001)

Berlín, para cuyo atrio propone la construcción de una cubierta acristalada concebida no sólo como una mera envolvente, sino como un elemento de gran potencia formal y escultórica que proporcione identidad a dicho espacio (figura 13), en cuyo desarrollo colabora con la ingeniería alemana schlaich, bergermann und partner [SBP].

Esta cubierta, que como en el caso anterior responde a una superficie de forma libre, se construye mediante un sistema diseñado específicamente por los ingenieros de SBP. Este sistema consta de unos elementos estructurales de sección rectangular maciza, rematados en sus extremos mediante dos placas en sus caras superior e inferior, y de unos conectores también con forma de estrella pero, en este caso, que reciben los extremos de las barras en sus elementos salientes para su ensamblaje mediante el empleo de tornillos pretensados (figura 14).

Para poder fabricar cada uno de los nudos con los parámetros geométricos locales específicos requeridos en cada caso se empleó como componente inicial un disco de acero de 70mm de espesor, cortado mediante una máquina dirigida por control numérico, que proporcionaba los distintos ángulos de orientación de los salientes. Posteriormente esta *estrella* se

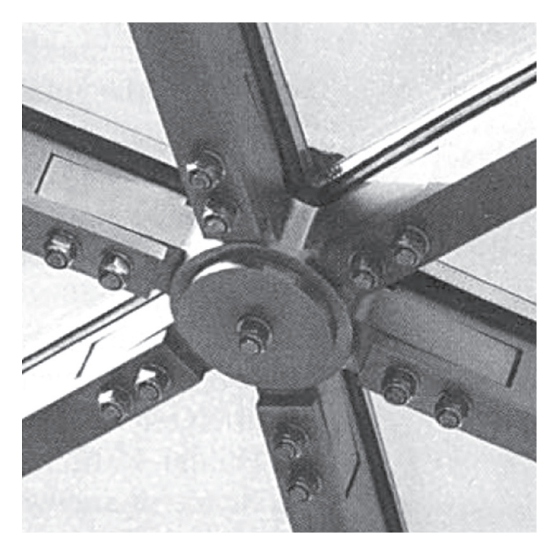


Figura 14
Imagen del nudo de la estructura. (Schlaich, Schober y Helbig 2001)

sometía a un proceso de fresado y taladrado mediante empleando una máquina dirigida por control numérico con 5 ejes de movimiento (Schlaich, Schober y Helbig 2001), lo que supone un importante salto cualitativo respecto a sistemas anteriores como el Mero KK.

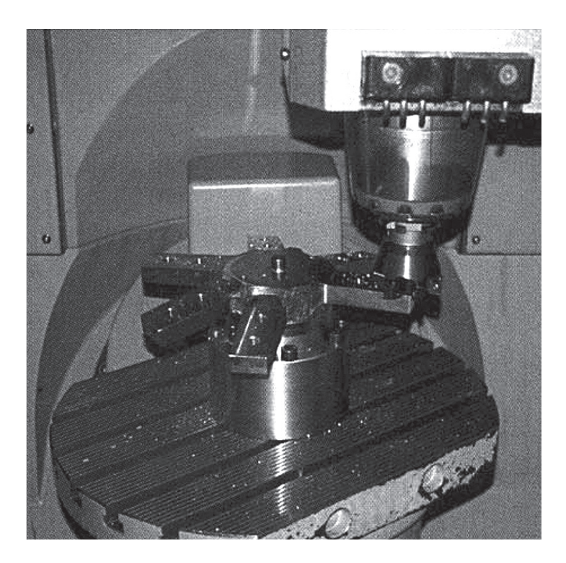


Figura 15
Proceso de fresado del nudo mediante maquinaria de 5 ejes de control. (Schlaich, Schober y Helbig 2001)

Este procedimiento permitía *esculpir* a medida cada uno de los nudos (figura 15) que, si bien presentan todos ellos una morfología similar, están adaptados individualmente a los diferentes ángulos de orientación, inclinación y alabeo que necesita cada conector para poder adaptar la retícula a una superficie tan compleja como la diseñada.

Este procedimiento, como sucede en el ejemplo anterior, implica de manera obvia un significativo desperdicio de material pero también supone el logro de una malla con una forma tremendamente compleja y con una continuidad visual casi absoluta que, además, permitía un proceso constructivo aún más eficiente al emplear uniones atornilladas.

Conclusiones

La relación entre la evolución tecnológica y la innovación de las técnicas constructivas es un hecho innegable, aplicable no sólo a la tipología estructural aquí abordada, sino a cualquier sistema o procedimiento empleado en la construcción arquitectónica.

No obstante, del estudio de los casos aquí descritos y de su comparación con la evolución histórica de las tecnologías de automatización de los procesos de fabricación, puede establecerse que existe una clara e inequívoca relación entre una serie de hitos en el desarrollo de nuevas tecnologías, especialmente las ligadas a los procedimientos de control numérico para dirigir máquinas herramientas de fresado y taladrado, y la posibilidad de construir láminas de entramado con formas no limitadas a superficies desarrollables.

Más concretamente, posibilidad de controlar, numéricamente, máquinas de fresado de 3 ejes de control habría hecho posible el empleo de conectores prefabricados y uniones atornilladas para la construcción de cúpulas geodésicas de forma absolutamente precisa y adaptada a las ligeras variaciones que esta subdivisión geométrica implica en los nodos de la retícula.

Por otro lado, el desarrollo de programas informáticos de modelado de superficies complejas, unido a la disponibilidad comercial de máquinas y robots, dirigidos por ordenador, con 5 o más ejes de control, al

lograr la automatización de la fabricación de componentes de idéntica morfología pero con parámetros geométricos diferenciados,[3] habría permitido la construcción de superficies sin ningún tipo de restricción en cuanto a su tipo de curvatura u homogeneidad de la misma.

Más aún, la posibilidad de *esculpir* a medida los conectores y los extremos de los elementos estructurales no sólo ha hecho viable la libertad de la forma de la superficie, sino que también ha hecho posible la materialización de entramados de una homogeneidad visual casi absoluta, como expresión estética de la continuidad de la superficie.

Notas

1. La búsqueda de la eficiencia y la economía, en esta época, pasa necesariamente por el empleo de un número reducido de componentes diferentes en la construcción de la estructura (Tsuboi et al. 1984).
2. Se denominan *parámetros geométricos locales* los distintos ángulos de orientación, inclinación y alabeo que forman las barras en su encuentro en los nodos de la malla, así como la longitud éstas (Stephan, Sánchez-Álvarez y Knebel 2004). Desde el punto de vista de la repetición de elementos idénticos, las bóvedas cilíndricas, al ser desarrollables, permiten la racionalización de las mismas y su subdivisión geométrica mediante elementos idénticos (Makowski 1968).
3. Debe tenerse en cuenta que sistemas como el Mero KK son susceptibles, en lo que se refiere a la posibilidad de conformación individualizada de sus componentes, de ser empleados en la construcción de superficies de forma libre, aunque la capacidad de la unión de transmitir esfuerzos de flexión es prácticamente nula, aspecto importante en este tipo de superficies (Martínez 2010). Conectores como los desarrollados por Waagner-Biro, SBP u otros posteriores, como los diseñados por la propia empresa Mero o la española Lanik solventan este inconveniente de diversas formas.

Lista de referencias

Apro, K. 2008. *Secrets of 5-Axis Machining*. New York: Industrial Press, Inc.

Azpilicueta, E. 2011. «La Torre del Agua de Nyzhni-Novgorod de 1986». *Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción. Hitos Estructurales de la Arquitectura y la Ingeniería. Madrid, 17-18 de Noviembre de 2011*. Madrid: ICCET-CSIC.

Chang, T.-Ch.; R.A. Wysk, y H.-P. Wang. 2006. *Computer-aided manufacturing*. Upper Saddle River: Pearson Education (3ª ed).

du Chateau, S. 1963. «The SCD Structural System». *Hanging roofs: proceedings of the IASS Colloquium on Hanging Roofs, Continuous Metallic Shell Roofs and Superficial Lattice Roofs. Paris, 9-11 July 1962*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.

du Chateau, S. 1984. «Domes: their form, function and architecture». *Analysis, design and construction of braced domes*, editado por Z.S. Makowski, 599-623. London: Granada.

Eberlein, H. 1984. «Single and double-layer MERO domes». *Analysis, design and construction of braced domes*, editado por Z.S. Makowski, 541-574. London: Granada.

Elliot, A.W. 1984. «Triodetic Domes». *Analysis, design and construction of braced domes*, editado por Z.S. Makowski, 669-684. London: Granada.

Fentiman, A.E. 1963. *Method of Making a Joint*. U.S. Patent 3.079.681, filled May 18, 1959, and issued March 5, 1963.

Fentiman, H.G. 1967. «Developments in Canada in the fabrication and construction of three-dimensional structures using the Triodetic system». *Space Structures: a study of methods and developments in three-dimensional construction, resulting from the International Conference on Space Structures, University of Surrey, September 1966*. 1073-1082. Oxford: Blackwell Scientific.

Groover, M.P. 2014. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Harlow: Pearsons Education Limited.

Herrin, G.E. 1995. «History of 5-Axis Machining». *Modern Machine Shop*. v.67, n.9.

Kalpakjian, S.; Schmid, S.R. 2014. *Manufacturing Engineering and Technology*. Singapore: Pearson (7ª ed.)

Kurrer, K.-E. 2008. *The History of the Theory of Structures*. Berlin: Ernst&Sohn.

Makowski, Z.S. 1968. *Estructuras Espaciales de Acero*. Barcelona: Gustavo Gili.

Makowski, Z.S. 1984. «A history of the development of domes and a review of recent achievements world-wide». *Analysis, design and construction of braced domes*, editado por Z.S. Makowski, 1-86. London: Granada.

Martínez Apezteguía, J. 2010. Sistema de conexión para estructuras espaciales monocapa. Patente de Invención (España) 2.317.818, solicitada el 12 de Abril de 2006, concedida el 8 de Febrero de 2010.

Mengeringhausen, M. 1974. Processus and apparatus for the production of connectors for space frameworks or the like. U.S. Patent 3.826.584, filled January 31, 1972, issued July 30, 1974.

Rühle, H; Müther, U. 1988. «Experiences with Zeiss-Planetaria domes constructed from 1924 up to now» *Domes*

form Antiquity to the Present, Proceedings of the IASS-MSU Symposium, Istambul, 1988. 337-344. Istambul: Mimar Sinan University.

Schlaich, J.; H. Schober y T. Helbig, 2001. «Eine verglaste Netzschale: Dach und Skulptur. DZ Bank am Parisierplatz in Berlin» *Bautechnik.* v.78, n.7.

Sischka, J.; S. Brown; E. Handel y G. Zenkner. 2001. «Die Überdachung des Great Court im British Museum in London». *Stahlbau.* v.70, n.7.

Stephan, S.; Sánchez-Álvarez, J.; Knebel, K. «Reticulated Structures on Free-form Surfaces». *Proceedings of the International Symposium: Shell and Spatial Structures, from Models to Realization. September 20-24, 2004, Montpellier*.

Tsuboi, Y. et al. 1984. «Analysis, Design and Realization of Space Frames. A State-of-the-Art Report». *Bulletin of the IASS*. n.84-85.

Weisberg, D.E. 2008. *The Engineering Design Revolution: The People, Companies and Computer Systems that Changed Forever the Practice of Engineering*. <www.cadhistory.net>.

Fuentes para la Historia de la Construcción en el Archivo General Militar de Segovia

María del Mar González Gilarranz
Germán Segura García

El Archivo General Militar de Segovia, emplazado en el representativo Alcázar de la ciudad castellana, forma parte de la red de archivos nacionales y depende del Instituto de Historia y Cultura Militar a través del Sistema Archivístico de la Defensa.1 Se trata del archivo histórico más antiguo de las Fuerzas Armadas, creado el 22 de junio de 1898 por Real Decreto de la reina regente Doña María Cristina, madre de Alfonso XIII. En él se refundieron en un primer momento los expedientes de las Inspecciones de las armas de Infantería, Caballería, Artillería e Ingenieros, así como todos los documentos correspondientes al Ministerio de la Guerra y a las diferentes Capitanías Generales y Gobiernos Militares.

Tras su creación, el Archivo se rigió por el *Reglamento provisional para el régimen y servicio de los archivos militares*[2] (1898) que, aún con el título de provisional, permaneció en vigor un siglo. Este primer Reglamento establecía para el Centro segoviano una clasificación basada en distintas secciones que aglutinaban los documentos según su temática y origen, siendo la sección de Personal (Primera Sección) la más nutrida en cuanto a número de expedientes (unos 3,5 millones) y volumen total (cerca del 90%). Sin embargo, los fondos que pueden resultar más atractivos para el estudio de la Historia de la Construcción se custodian en el apartado de Material, conocida como Tercera Sección.

Al objeto de evitar confusiones, la denominación de Segunda y Tercera Sección estipulada para este Archivo en el Reglamento de 1898 se intercambió con el fin de adaptarse a la clasificación genérica del resto de archivos militares subsidiarios, de forma que la Tercera Sección, inicialmente reservada para los Asuntos del Ministerio de la Guerra, Direcciones Generales de Carabineros y Guardia Civil, Comandancias Generales de Inválidos y Alabarderos y Depósito de la Guerra, vino a recoger los fondos relativos a Material de la Administración Militar, de Artillería, de Ingenieros, de Sanidad Militar, de oficinas y de los cuerpos.

La Tercera Sección (Material)

Según la definición de Almirante (1869) «bajo el nombre genérico y colectivo de Material se comprende en un Ejército todo lo que no es el hombre, el personal con su sueldo: almacenes, armamento, artillería, caballos, calzado, colegios, cuarteles, fortificaciones, fundiciones, hornos, hospitales, maestranzas, oficinas, parques, puentes, transportes, vestuario, víveres».

Dentro de los fondos procedentes de la Secretaría de Estado y Despacho de la Guerra –posterior Ministerio de la Guerra– se encuentra la documentación agrupada con el nombre de *Material*, que comprende ciertos asuntos relacionados con las llamadas *Armas facultativas o técnicas* –Artillería e Ingenieros–, aunque también recoge, como se ha comentado, otros expedientes relativos a la Administración Militar, Sanidad, Oficinas y Cuerpos.[3] Dicha documentación asciende a un total de 1.365 legajos o unidades de

instalación que abarcan cronológicamente desde principios del siglo XVIII hasta la Guerra Civil española.

En el año 1988, después de tres años de arduos trabajos de inventario, vio la luz el catálogo de documentos de Tercera Sección, disponible para consulta pública a través de la página web del Archivo en internet.[4] En el mismo aparecen enumerados los legajos con su reseña de contenido, datación y espacio geográfico al que se refiere. Están ordenados temáticamente en divisiones, agrupaciones y voces, primando el orden alfabético, subdividiéndose a su vez cada voz por el topónimo e instalación al que hacía referencia la documentación, observando una sucesión cronológica, según recogía el Reglamento de 1898. Cada expediente dentro del legajo fue individualizado en una carpetilla, en cuya cubierta se anotó su organismo productor, el título y la fecha de datación del mismo. La labor de clasificación se facilita mediante un nomenclátor que, a modo de tesauro, atribuye a cada materia su agrupación, división y sección correspondiente, siguiendo los criterios de la archivística del momento (Gibert 1940, 45-71).

La clasificación de los fondos de esta sección (Vázquez Montón 1997), con sus divisiones y agrupaciones, es la siguiente (Tabla.1 a-b-c).

DIVISIÓN 1ª. Material de la Administración Militar

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Material de acuartelamiento	*1844-1933*	*1 al 4*	*4*
Fábricas de administración militar	*1887-1913*	*5 al 8*	*4*
Parques administrativos	*1880-1929*	*9 al 28*	*20*
Industrias civiles	*1906-1930*	*29 al 44*	*16*
Total de legajos			***44***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S3ª/Div.1ª/3/Agrupación/Voz/Año*

DIVISIÓN 2ª. Material de Artillería

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Material de artillería	*1700-1929*	*1 al 23*	*23*
Fábricas de fusiles	*1801-1826*	*23 al 24*	*1*
Fábricas de pólvoras	*1700-1926*	*24 al 40*	*16*
Fábrica de armas	*1806-1925*	*41 al 61*	*21*
Fábricas de artillería	*1852-1928*	*62 al 79*	*18*
Fábricas de pirotecnia	*1875-1922*	*79 al 86*	*7*
Fábricas de artillería en general	*1702-1932*	*87 al 90*	*4*
Maestranzas de artillería	*1736-1910*	*91 al 95*	*5*
Parques de artillería	*1805-1930*	*96 al 185*	*90*
Total de legajos			***185***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S3ª/Div.2ª/13/Agrupación/Voz/Año*

Tabla.1a

DIVISIÓN 3ª. Material de Ingenieros

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Defensas: Artillado	*1700-1929*	*1 al 32*	*32*
Defensas: Baluartes	*1700-1914*	*33 al 36*	*4*
Defensas: Castillos	*1700-1930*	*37 al 65*	*29*
Defensas: En general	*1700-1935*	*66 al 97*	*32*
Defensas: Fortificaciones	*1700-1929*	*98 al 103*	*6*
Defensas: Fuertes	*1700-1941*	*104 al 129*	*26*
Defensas: Juntas y comisiones	*1857-1916*	*130 al 136*	*7*
Defensas: Murallas	*1697-1930*	*137 al 145*	*8*
Defensas: Torres	*1835-1914*	*146*	*1*
Defensas: Zonas polémicas	*1789-1935*	*147 al 384*	*238*
Edificios en general	*1700-1935*	*385 al 830*	*446*
Ferrocarriles	*1825-1930*	*831 al 863*	*33*
Comandancias, laboratorios, Maestranzas	*1886-1930*	*864 al 871*	*8*
Parques	*1874-1930*	*872 al 880*	*9*
Caminos	*1769-1930*	*881 al 899*	*19*
Carreteras	*1793-1935*	*899 al 924*	*25*
Obras en general	*1700-1931*	*925 al 965*	*41*
Puentes y puertos	*1801-1935*	*966 al 972*	*7*
Propiedades	*1738-1932*	*973 al 1009*	*37*
Transmisiones	*1808-1935*	*1010 al 1032*	*23*
Material diverso	*1847-1932*	*1033 al 1044*	*12*
Total de legajos			***1.044***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S3ª/Div.3ª/13/Agrupación/Voz/Año.*

DIVISIÓN 4ª. Material de los Cuerpos

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Material automóvil	*1891-1952*	*1 al 36*	*36*
Defensa química	*1905-1930*	*37*	*1*
Material topográfico	*1847-1935*	*38 al 42*	*4*
Material diverso	*1887-1949*	*42 al 49*	*7*
Menaje	*1903-1930*	*50*	*1*
Total de legajos			***50***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S4ª/Div.4ª/13/Agrupación/Voz/Año.*

Tabla.1b

DIVISIÓN 5ª. Material de oficinas

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Material de oficinas	*1860-1927*	*1 al 2*	*2*
Total de legajos			***2***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S3ª/Div.5ª/13/Agrupación/Voz/Año.*

DIVISIÓN 6ª. Material de Sanidad

Cuadro de clasificación:

Agrupación	Fechas	Legajos	Suma
Material de farmacia	*1886-1915*	*1*	*1*
Sanidad	*1858-1938*	*2 al 40*	*39*
Veterinaria	*1908-1916*	*40*	*0*
Total de legajos			***40***

EXPEDIENTES: *Están catalogados. Su búsqueda es por "agrupación", "voz" y año. Pendiente su informatización. Su ordenación va tal como se indica en la signatura.*
Signatura: *S3ª/Div.6ª/13/Agrupación/Voz/Año.*

Tabla.1c

Tercera Sección / 3ª División: Material de Ingenieros

El Cuerpo de Ingenieros no existió con identidad propia en España hasta 1711, momento en el que el rey Felipe V aprobó el primer proyecto de organización presentado por el recién nombrado Ingeniero general de todos sus ejércitos, el teniente general Jorge Próspero de Verboom. Refundido con el Cuerpo de Artillería bajo una misma dirección en el periodo 1756-1763, los Ingenieros militares fueron posteriormente divididos en tres direcciones o ramos: Academias militares, Fortificaciones y Caminos, puentes, arquitectura civil y canales. El ingeniero Francisco Sabatini asumió las tres direcciones en 1791 y seis años más tarde se suprimió el fraccionamiento restableciéndose el cargo de Ingeniero general. La ordenanza de 1803 dio forma definitiva a lo que sería el Arma de Ingenieros, la especialidad del Ejército encargada tradicionalmente de llevar a cabo la construcción de fortificaciones, puentes, caminos y edificaciones que pueden contribuir al ataque y la defensa de las fuerzas propias. Según la doctrina actual de las Fuerzas Armadas, «las Unidades de Ingenieros favorecen la maniobra propia y dificultan la del enemigo mediante acciones conducentes a modificar las condiciones del terreno, (…) contribuyen a crear la infraestructura táctica necesaria, a proteger a las fuerzas propias construyendo y preparando obras de fortificación y a mantener o crear la infraestructura necesaria para la proyección y el sostenimiento de la fuerza» (MADOC 2005).

La mayor parte de los legajos de Tercera Sección (algo más del 75%) corresponden a Material de Ingenieros y contienen una riquísima información sobre distintos aspectos constructivos, en especial, los relacionados con fortificaciones, cuarteles, ferrocarriles, puentes, puertos y caminos, constituyendo uno de los fondos más desconocidos de este Centro. Junto a documentos que nos informan de la adecuación de los modelos defensivos a la evolución del armamento encontramos expedientes sobre las murallas y defen-

sas derribadas en el siglo XIX ante la necesidad de expansión de unas ciudades que emergían de la revolución industrial. Por poner un ejemplo de la variedad documental de esta división, también se integraron en ella la gestión de un buen número de edificios desamortizados que el Ministerio de la Guerra destinaba para alojamiento de tropas de un ejército que empezaba a ser menos itinerante y tenía necesidad de cuarteles estables. Gracias a ello se han conservado planos de monasterios y conventos que fueron transformados en instalaciones militares durante el siglo XIX. Otro aspecto interesante es el de la arquitectura civil, que queda reflejada en los expedientes de construcción en zonas polémicas o en las obras de infraestructuras, actividades que incidían en los planes de defensa del gobierno y que, por tanto, requerían la intercesión de la autoridad militar.

Algunas líneas de investigación

Reorganización urbanística: las zonas polémicas y los edificios urbanos de uso militar

Los fondos relacionados con zonas polémicas y edificios en general, muy valiosos para entender el crecimiento urbano moderno y las vicisitudes de los monumentos más emblemáticos de algunas de nuestras ciudades, constituyen la mitad de las unidades de instalación de la Tercera Sección (684 de los 1.365 totales) y el 65 % de los legajos de la división de Material de Ingenieros (3ª División).

A lo largo del siglo XIX muchas ciudades de nuestra geografía, favorecidas por el impulso demográfico, empezaron a sentirse constreñidas en su crecimiento espacial por los cinturones defensivos y por las servidumbres que comportaban las fortificaciones que las protegían de una posible amenaza militar. La zona inmediata a estos elementos constructivos debía conservarse despejada para evitar que, en caso de ataque, el enemigo pudiera encontrar refugio en las *afueras de una plaza*, término definido como «el ruedo o terreno que la rodea desde la cola [o pie] del glasis hasta un radio convencional, que en lo antiguo y lógicamente era el alcance de las armas» (Almirante 1869). En el lenguaje técnico, dicho terreno se llamaba zona táctica, militar, de servidumbre o polémica, acepción esta última adoptada oficialmente a partir de 1862 para definir, de acuerdo con el Diccionario de la lengua castellana, las zonas extramuros de las fortificaciones.[5] (figura 1)

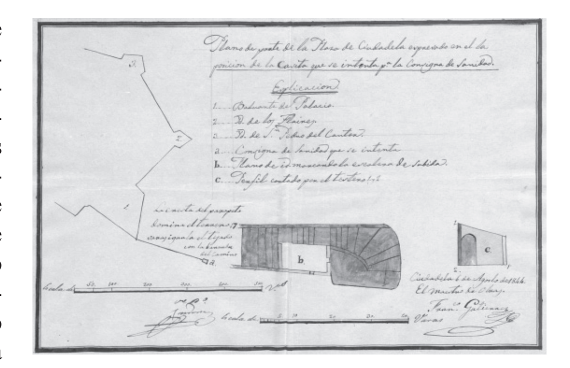


Figura 1
Zona polémica. Ciudadela de Mallorca. Planos, 1844. AGMS 3ª/3ª/legajo 479

Como señala Rafael Mas (2003, 148), las servidumbres edificatorias impuestas por el ramo de la Guerra perseguían facilitar la labor defensiva de la plaza, procurando a extramuros –zona polémica– un radio de acción libre de obstáculos que pudieran dar ventaja al atacante y dificultar los tiros defensivos, además de garantizar que la circulación interior junto a la muralla –la llamada zona pomérica– estuviera expedita.

Las zonas polémicas de algunas poblaciones venían reguladas en España desde el siglo XVII, si bien las contravenciones eran tantas que las normas tuvieron que reiterarse en el reinado de Felipe V, limitando las áreas afectadas a una franja de 500 metros extramuros, el alcance más óptimo para la artillería de sitio y la distancia desde donde el sitiador solía abrir la primera paralela o trinchera para atacar la plaza. En el siglo XIX, con la mejora de los materiales de artillería, esta distancia de seguridad quedó establecida en 1.500 varas (1253,85 m) desde la empalizada del camino cubierto –situada en la cresta del glasis– y se encargaba al ingeniero jefe de la plaza poner en conocimiento de su gobernador cualquier intervención urbanística que se produjera en dicha zona, debiendo los constructores requerir un informe previo del ingeniero antes de ejecutar obras en los parajes inmediatos a las murallas. Por otro lado, en los edificios ya construidos y que no precisaban ser demolidos se podía permitir la realización de reformas que no conllevaran el aumento de las dimensiones de la planta o

una mayor elevación de la construcción, siempre con licencia y bajo vigilancia del Cuerpo de Ingenieros.

En 1856, fruto de una propuesta del Capitán General de Cataluña, se dividió la zona polémica en tres anillos.[6] En el primero, hasta las 500 varas de la fortificación, se prohibía toda construcción de interés particular; en el segundo, hasta las 1.000 varas o alcance eficaz de las armas de infantería, se permitía la construcción de edificios de un piso, con fábrica de madera o hierro y un pequeño zócalo de mampostería; en el tercero y último, hasta las 1.500 varas, se autorizaba la construcción de edificios con pilares y muros de mampostería de hasta 15 cm de espesor. Introducido el sistema métrico decimal a partir de 1862, la primera y segunda zona se consideraron de 400 metros cada una y la tercera de 450 m.[7] (figura 2)

En cuanto a las carreteras que debían trazarse sobre las zonas polémicas, a partir de 1849 se dispuso la constitución de comisiones mixtas formadas por ingenieros militares y civiles, que debían remitir al Ministerio de la Guerra los informes pertinentes para que éste resolviera al respecto.

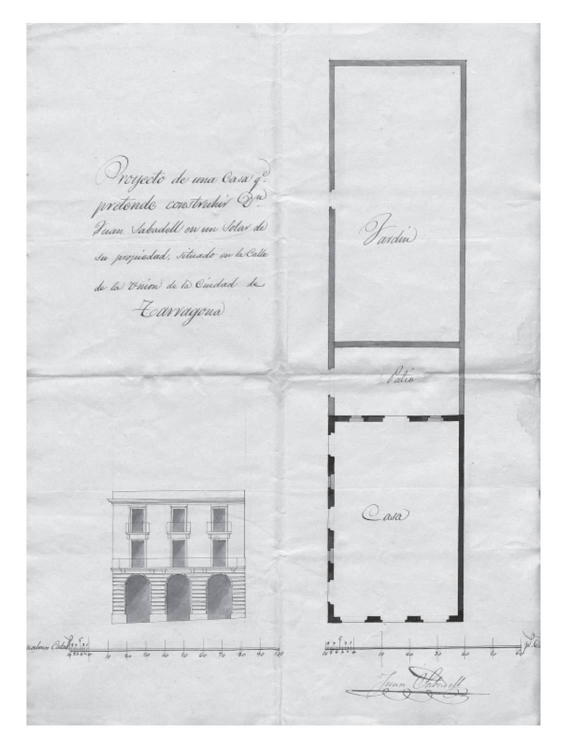


Figura 2
Tarragona. Planos de emplazamiento, 1845. AGMS 3ª/3ª/legajo 371

Los proyectos de construcciones en zonas polémicas presentados por los particulares eran archivados inicialmente en las Capitanías Generales, si bien, a partir de 1877 se ordenó que lo fueran en las Comandancias de Ingenieros, siendo cursados al Ministerio de la Guerra para su concesión, cuyo plazo se señaló de seis meses a partir de los cuales se consideraba caducada la autorización. El Ministerio de Fomento aprobó en 1880 un reglamento para la aplicación de las disposiciones urbanísticas a las construcciones militares que debían ejecutarse en las poblaciones, dedicando la segunda parte de dicho documento a los edificios civiles o particulares en las zonas polémicas. En el mismo se confirmaron las regulaciones establecidas previamente por el Ministerio de la Guerra, aunque se dispuso que en el caso de que el ramo civil no estuviera de acuerdo con la resolución se debía nombrar una comisión mixta, y si subsistía el desacuerdo, se elevaría el expediente al Consejo de Ministros. Además, a fin de que los ayuntamientos tuvieran conocimiento de los terrenos comprendidos en las zonas de las plazas de guerra, se estipuló que las autoridades militares debían facilitarles los planos con los polígonos de excepción –sujetos a servidumbre– perfectamente actualizados y señalizados.[8] Ejemplos de estas actuaciones son los planos de ciudades conservados en este Archivo, como los de Gerona, Cádiz o Melilla.[9]

Aunque las zonas polémicas tuvieron una relación estricta con el derribo de las murallas de las plazas fuertes y el ordenamiento urbano, las limitaciones de construcción superaban el ámbito urbano y también afectaban a la Zona Militar de Costas y Fronteras, reguladas por el Real Decreto de 17 de marzo de 1891. De nuevo, el objeto de los legisladores era armonizar las obras de utilidad pública con las necesidades de la defensa nacional, encargándose a los miembros de la Guardia Civil y Carabineros la vigilancia de las referidas zonas, quienes habían de poner en conocimiento de las autoridades militares las transgresiones detectadas. Son también muy abundantes los proyectos de obras recogidos en este Centro relativos a localidades litorales.

Como vemos, se redactaron gran número de disposiciones sobre el escabroso asunto de las zonas polémicas, una problemática muy habitual en las ciudades litorales, animadas de una vida comercial e industrial más pujante que otras plazas del interior. Precisamente, los Comandantes de Ingenieros debían redactar ha-

cia finales del siglo XIX una memoria acompañada de plano –como mínimo a escala 1:5000– en la que se razonaba el caso particular de cada plaza, teniendo en cuenta que debían conciliarse las necesidades de defensa y los intereses de las poblaciones, sin que aquéllas resultaran un obstáculo insuperable al desarrollo de éstas. Buena parte de estos trabajos remitidos al Ministerio de la Guerra, junto a los informes elevados por los Gobernadores Militares y los Comandantes Generales de Ingenieros, se conservan entre los 238 legajos que sobre este asunto hay en este Centro, un fondo de consulta obligada para conocer el desarrollo de muchas de las ciudades españolas.[10]

Por otro lado, agrupados bajo el título *Edificios en general* se custodian otros 421 legajos referidos a las instalaciones de uso militar en las poblaciones españolas que contaban con guarnición.[11] A lo largo del siglo XIX fueron muchos los edificios y fincas expropiados por causa de utilidad pública,[12] debiendo realizarse una declaración previa de la necesidad de ocupación de las propiedades y valoración de las mismas, en la que intervenía personal del Cuerpo de Ingenieros. También se encuentran en nuestros fondos casos de ofrecimientos o donaciones de inmuebles por parte de particulares o corporaciones. El hecho es que a través de esta documentación, muy rica en materiales gráficos, se puede estudiar la transformación de muchos edificios emblemáticos que estuvieron –y algunos siguen estando– adscritos al ramo de la Guerra y que hoy constituyen bienes de interés cultural integrantes del Patrimonio Cultural Español. Los proyectos de obras agrupan la memoria descriptiva de la intervención a realizar, las mediciones, el presupuesto y los planos, aunque en algunas ocasiones la documentación gráfica se desgajaba del expediente inicial por diversos motivos bien de conservación o bien de reutilización posterior en nuevas actuaciones. (figura 3)

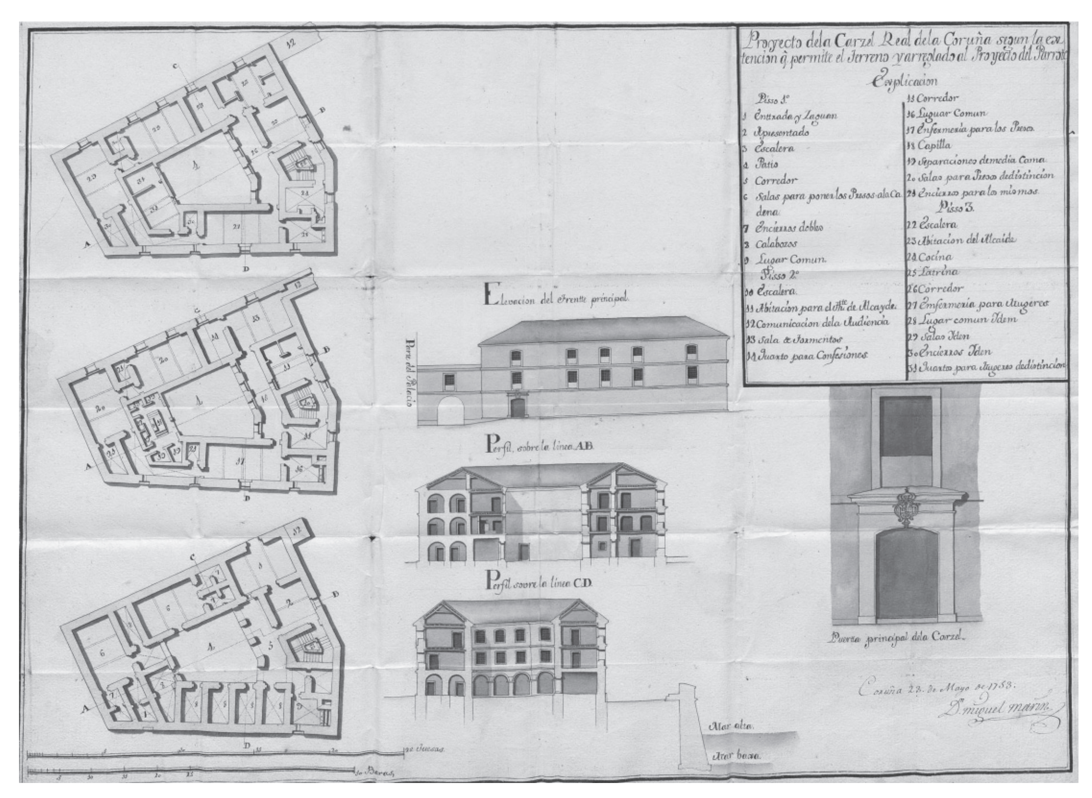


Figura 3
La Coruña. Cárcel Real. Planos de ingeniería, 1753. AGMS 3ª/3ª/legajo 494

Expedientes de contratación de obras

Dentro del apartado *Proyectos y presupuestos* y organizados por Regiones Militares encontramos 38 legajos que nos informan sobre la contratación de obras y su seguimiento datadas entre finales del siglo XIX y 1930.[13] A partir de 1905, las Comandancias de Ingenieros debían enviar semestralmente al Estado Mayor Central una hoja estadística de las modificaciones realizadas en los cuarteles, hospitales y demás edificios de su competencia.[14]

Tradicionalmente, los ingenieros militares tuvieron la misión de controlar las obras que se realizaban en las fortificaciones y edificios militares de una plaza, ya fueran ejecutadas mediante asiento o por la misma administración. En el primer caso, el Ingeniero Director redactaba las condiciones de la obra y el Intendente, previo estudio de las ofertas, realizaba una contrata civil, si bien los trabajos eran supervisados por personal designado por aquél. Cuando la obra era realizada por la Administración el Ingeniero Director debía convenir con el Intendente los medios más prácticos y económicos para ejecutarla, creándose brigadas de trabajadores al efecto.

El Real Decreto de 27 de febrero de 1852 determinó, con carácter general, que todos los contratos por cuenta del Estado habían de celebrarse en subasta pública con algunas excepciones, ya fuera por el importe del servicio, por la urgencia o por otras causas reguladas. Años más tarde, con el fin de concentrar en un sólo documento todas las disposiciones sobre esta materia que debían aplicarse al Arma de Ingenieros se publicó el *Reglamento de obras de Ingenieros*, el 14 de junio de 1873. Según el mismo, los ingenieros encargados de ejecutar cada obra debían informar a las Comandancias generales y de plaza trimestralmente del progreso de la misma, mientras que los Comandantes tenían que redactar una memoria anual con expresión de los trabajos ejecutados y otras observaciones. Las obras seguían siendo ejecutadas por contrata o por la Administración, según decidiera el Ministerio de la Guerra previo informe del Ingeniero General. Por entonces, la Administración se encargaba de realizar las obras de entretenimiento que por su naturaleza fueran difíciles de detallar, las que no convinieran dar publicidad por motivos de seguridad o los servicios urgentes.

Cuando el presupuesto de una obra excedía de 1.250 pesetas, el contrato se realizaba por subasta pública y el Ingeniero Comandante debía remitir al Comisario Interventor los puntos que, a su juicio, tenían que incluirse en el pliego de condiciones económicas a redactar por dicho Comisario. El pliego contenía las fechas de inicio de obras y modo de pago, así como todo aquello que pudiera obligar a las partes contratantes. El contratista debía depositar una fianza para tomar parte en la subasta y otra antes de la escritura, intentando la Administración militar conseguir las máximas garantías de que las obras se iban a ejecutar conforme a lo dispuesto.

Tras un nuevo reglamento aprobado el 18 de junio de 1881, la normativa continuó perfeccionándose hasta entrado el siglo XX cuando, por Real Orden de 9 de diciembre de 1904 y, sobre todo, con la publicación del *Reglamento para la ejecución de las obras y servicios técnicos a cargo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército*, aprobado por Real Orden de 4 de octubre de 1906, se establecieron las bases que debían regir en adelante las contrataciones de servicios. Así, las subastas se diferenciaban en locales y generales según si afectaban a establecimientos situados en el mismo departamento militar o en distintos. Las subastas locales se incoaban por los jefes superiores de la Región Militar, mientras que las generales se iniciaban en el Ministerio de la Guerra y debían celebrarse, a ser posible, en Madrid con un tribunal formado por el Inspector General, el Interventor General y un oficial de la Administración militar como secretario.

Para la ejecución de toda clase de contratos era precisa la redacción de dos pliegos de condiciones: uno que comprendía la parte económico-facultativa y otro la legal-administrativa. Esta documentación, junto con la generada periódicamente por los responsables del seguimiento de los trabajos, nos permite conocer en detalle innumerables proyectos de obras que tuvieron lugar en la geografía española y constatar la evolución de un buen número de inmuebles y establecimientos militares que actualmente han pasado al ámbito civil. (figura 4)

Juntas y Comisiones de Defensa

La primera Junta Superior del Cuerpo de Ingenieros fue creada en 1802, siendo su presidente el Ingeniero general y su misión examinar todos los proyectos de fortificaciones y obras nuevas, además de los proyectos concernientes a la defensa general del territorio.

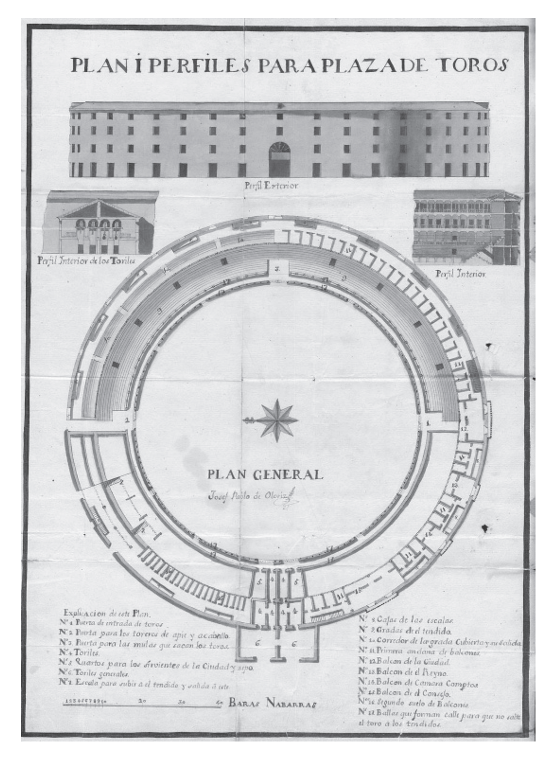


Figura 4
Pamplona. Planos de ingeniería, 1800. AGMS 3ª/3ª/legajo 665

En 1841 adoptó la denominación de Junta Superior Facultativa, encomendándosele también las memorias y descripciones geográficas militares. Esta junta específica del Arma actuó de forma independiente hasta 1883 en que, con el nombre de Junta Especial de Ingenieros, quedó englobada dentro de la Junta Superior Consultiva de Guerra que funcionaba desde 1836.

En paralelo, por Real Decreto de 25 de mayo de 1851 se creó una Junta de Defensa del Reino cuyos vocales natos eran los Directores generales de los tres Cuerpos facultativos: Artillería, Ingenieros y Estado Mayor. Se le atribuyó a esta Junta la formulación del Plan de Defensa permanente de España, desplegando una gran actividad desde su constitución y examinando informes de muy dispar naturaleza realizados por Estados Mayores, Cuerpo de Ingenieros, ministerios, diputaciones provinciales y corporaciones municipales (Palacio 2013). Se encargó especialmente de realizar informes sobre las defensas de diferentes regiones militares, aunque también se valoró el desmantelamiento de fortificaciones y el desartillado de las plazas, así como temas relacionados con telegrafía óptica, líneas de ferrocarril y armamentos varios.

Cuando en 1889 se suprimieron las Direcciones generales de todas las Armas y Cuerpos del Ejército se creó una Inspección general de las Defensas del Reino, compuesta de jefes y oficiales de Estado Mayor, Ingenieros y Artillería, que un año más tarde sería refundida en la Junta Superior Consultiva de Guerra. La simplificación de la estructura organizativa llegó a su extremo en 1893, cuando se suprimieron las Inspecciones generales, todas las Juntas técnicas e incluso la Comisión especial de Defensas del Reino, quedando la Superior de Guerra como único centro consultivo militar del Ministerio de la Guerra.[15] Pocos años más tarde, se volvió a crear la Comisión de Defensa (1899) y la Junta Facultativa de Ingenieros (1901), esta última con la misión de informar al Ministerio de la Guerra acerca de cuantos asuntos técnicos le fueran consultados, en especial, los proyectos y construcción de obras de defensa, de acuartelamiento, y edificios militares en general, materiales de construcción y material de las tropas y parques.[16]

Muchos de los proyectos y estudios realizados por estas juntas y comisiones han sido conservados en este Archivo, datados entre 1857 y 1916, como por ejemplo una memoria encuadernada con dibujos de fortificaciones y mapas de varias plazas del pirineo gerundense a finales del siglo XIX.[17]

Obras públicas e infraestructuras

Agrupados bajo las voces de *Obras en general, Ferrocarriles, Caminos, Carreteras, Puentes y Puertos*, encontramos una serie de legajos que nos aportan información sobre actividades propias en la actualidad del Ministerio de Fomento pero que, susceptibles de ser empleadas para el esfuerzo bélico, recayeron sobre los ingenieros militares.

En el apartado *Obras en general*[18] se tratan, entre otros, asuntos relacionados con construcciones practicadas en gran número de poblaciones, desde aljibes y almacenes a edificaciones de barrios enteros, como por ejemplo la urbanización del barrio de la Alcazaba de Málaga en 1890[19] o la de extramuros de Cádiz en 1902.[20]

El conocimiento de las vías de comunicación también recaía sobre el Cuerpo de Ingenieros, encargado de facilitar el movimiento de las fuerzas propias y entorpecer el de las contrarias. En la segunda mitad del siglo XIX, fruto de la experiencia militar prusiana en las guerras contra Austria y Francia, se corroboró la utilidad de las líneas férreas para el desplazamiento masivo de tropas a los frentes de combate y la aplicación general de los ferrocarriles a las operaciones bélicas. Se esperaba de los ingenieros militares la construcción, entretenimiento, reparación, habilitación y destrucción de las líneas férreas y locomotoras en las zonas de combate, además de militarizar e incautar los medios ferroviarios que fueran precisos para el desarrollo de las operaciones. Con este fin, desde 1873 se crearon en España unidades específicas de ferrocarriles, encargadas de instruirse permanentemente en los servicios de explotación y tracción, además de realizar estudios de itinerarios de distintos tramos viarios. Estos últimos son los expedientes más voluminosos entre los legajos de *Ferrocarriles*,[21] aunque también encontramos distintas memorias e informes sobre materiales y avances técnicos en el mundo del ferrocarril. Se conservan importantes fondos sobre los inicios del tren en España como planos de los trazados de vías en la zona de Barcelona[22] o estaciones como la de Alicante.[23]

Los caminos y carreteras también resultaban de interés estratégico, en especial en un territorio como el español, donde las infraestructuras ferroviarias fueron deficientes hasta fechas muy próximas. De hecho, cuando los alemanes planearon en la Segunda Guerra Mundial intervenir en España con dos cuerpos de ejército para ocupar Gibraltar, sus cálculos pasaban por realizar el movimiento principal de tropas por carretera y utilizar las líneas férreas tan sólo para transportar suministros. Los fondos que se conservan en el Archivo sobre *Caminos* y *Carreteras* están datados en fechas anteriores a nuestra última guerra civil y la mayor parte de ellos se refieren a estudios de itinerarios.[24]

Una última variedad temática son los asuntos relacionados con *Puentes, Puertos, Ríos* y *Canales*.[25]

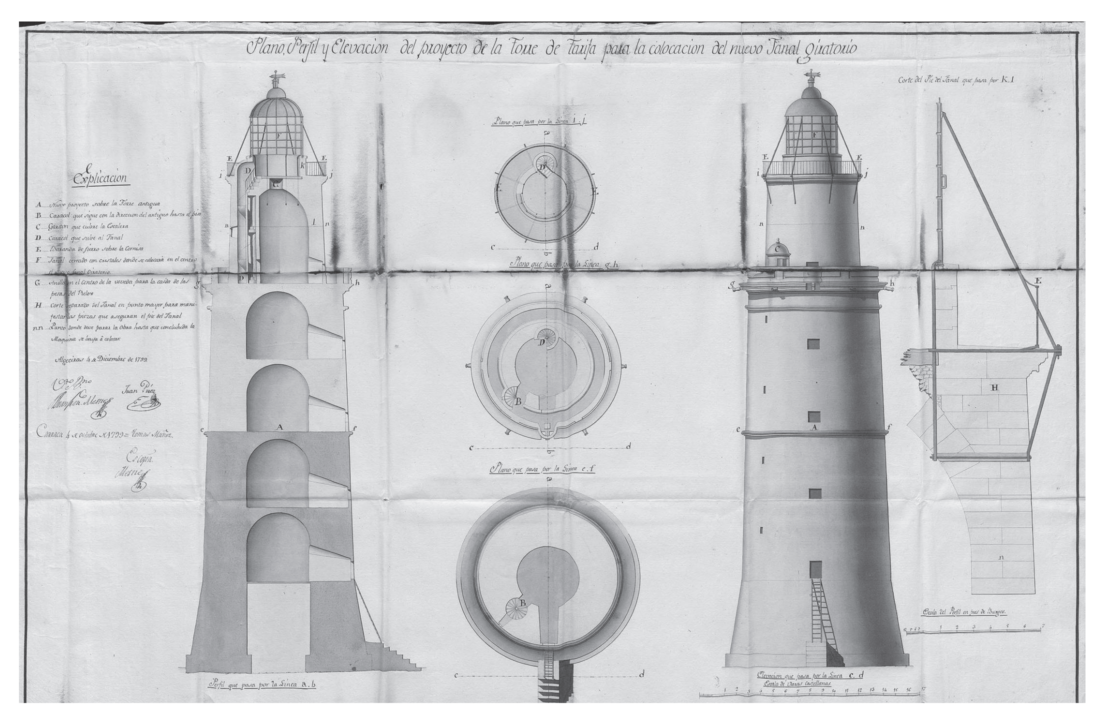


Figura 5
Tarifa. Planos de ingeniería, 1799. AGMS 3ª/3ª/legajo 941

Correspondió también a los ingenieros militares, a través de las unidades de pontoneros creadas a partir de 1874, la construcción de puentes semipermanentes y la instrucción en los materiales precisos para ello, así como el estudio de los puentes existentes y susceptibles de ser empleados o destruidos en caso de guerra. En el mismo sentido encontramos informes sobre distintos puertos españoles, sus muelles y defensas, también necesarios desde el punto de vista logístico. Por último, se conserva un legajo con varios proyectos y otra documentación sobre ríos y canales, como los antecedentes del Canal Imperial de Aragón (1773) o el dictamen de ingenieros sobre la navegación del Tajo (1792). [26] (figura 5)

Otros fondos

Además de los proyectos de obras redactados o supervisados por el Arma de Ingenieros, recogidos en la 3ª División, también podemos encontrar otros, aunque en menor proporción, relacionados con otras Armas o Cuerpos englobadas en otras Divisiones (3ª/2ª ó 3ª/6ª). Tal es el caso de la construcción de fábricas o parques de Artillería, como la Fábrica de pólvoras de Granada, la de Artillería de Trubia, o establecimientos sanitarios como el Instituto Anatómico Patológico de Madrid.[27]

En muchas ocasiones, las instalaciones militares fueron objeto de litigio bien por sí mismos o como escenarios de conflictos. Estas circunstancias quedan reflejadas en las pruebas documentales que se aportan a causas y expedientes judiciales, y de los que encontramos algunas muestras, como los planos del Convento de la Trinidad en Zamora[28] o el Castillo de Coria,[29] sobre los que se cuestionó la propiedad. Por otro lado, también se encuentran reflejados los lugares donde se produjeron los hechos investigados, como el Almacén de pólvora de San José en Cartagena,[30] la estación de ferrocarril de Vallecas donde se produjo un altercado con su asentador,[31] o Cuartel de los Docks en Madrid, cerca de Atocha, donde se produjo en 1886 el pronunciamiento republicano del general Villacampa.[32]

Por último, no podemos olvidar los expedientes personales de los ingenieros como artífices de obras, junto a los cuales se han recogido, en escasas ocasiones, memorias o planos de algunas de sus actuaciones.

Proyecto de digitalización de la Cartografía

El levantamiento de mapas y planos fue encargado desde el principio al personal que tenía los conocimientos matemáticos para reducir el terreno a escala bidimensional y que debía ejecutar las construcciones de edificios, canales o cualquier obra defensiva que se requiriera. El Cuerpo de Ingenieros asumió este tipo de trabajos, constituyéndose en 1848 una unidad específica, la Brigada topográfica de Ingenieros, con el fin exclusivo y constante de levantar planos de todas las plazas y puntos fuertes, así como los mapas de los territorios militares más importantes, como las fronteras y costas, realizando todo tipo de trabajos geodésicos y topográficos. Además de los planos generales, de posición –obras defensivas– y de poblaciones, los ingenieros, en su constante labor arquitectónica, también trazaron planos de los edificios y construcciones en las que intervinieron, por lo que se han conservado en este Archivo un buen número de ejemplos de estos trabajos.

El volumen de mapas y planos alojados en los legajos de Tercera Sección ronda los 14.000 y están datados aproximadamente entre las fechas extremas de 1700 y 1930. Este material posee un alto valor intrínseco tanto por las obras referenciadas como por su antigüedad y factura, ya que nos encontramos con planimetría original levantada por ingenieros militares desde el siglo XVIII, que tienen gran interés documental e histórico para los investigadores. Dentro de los objetivos de conservación del Archivo, se han efectuado labores de descripción y reinstalación de esta documentación en peligro de perderse, y se han digitalización 800 mapas, planos y dibujos, los más antiguos y destacados de los que componen la serie documental.[33]

Los fondos se hallan instalados en legajos de tamaño cuarto y folio, tal y como se fueron transfiriendo desde la creación del Archivo, hace más de un siglo. Estos legajos han sido revisados sistemáticamente para la localización, descripción y reubicación en planeros del abundante material gráfico que conservan, puesto que sus condiciones originales de instalación obligaban a que los planos estuvieran plegados por varias dobleces. Los soportes de los planos son muy variados. Aparecen planos en papel, muchos coloreados con aguada en el siglo XVIII y principios del XIX, también hay telas preparadas e incluso copias en papel ferroprusiato. Por tanto, sus características y dimensiones son muy diversas.

Nota

1. El Archivo General Militar de Segovia es un archivo de titularidad estatal, gestionado por el Ministerio de Defensa (Ejército de Tierra), que fue declarado archivo nacional en el Real Decreto 2598/1998, de 4 de diciembre (*Reglamento de archivos militares*).
2. Real Decreto de 1 de septiembre de 1898.
3. «Cuerpo se llama la Unidad orgánica, como un regimiento o un simple batallón de cazadores y Oficinas» (Almirante 1869).
4. http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=1665
5. Circular general de Ingenieros de 24 de febrero de 1862.
6. Real Orden de 16 de septiembre de 1856.
7. Real Orden de 19 de julio de 1861. Circular general de Ingenieros de 31 de diciembre de 1861.
8. Real Orden de 22 de diciembre de 1880.
9. Planos de la ciudad de Gerona, 1876-1901(3ª/3ª/legajo 265); Plano de la ciudad de Cádiz, 1891 (3ª/3ª/legajo 191); Plano de la ciudad de Melilla, 1885 (3ª/3ª/legajo 296).
10. 3ª/3ª/ legajos 147 a 384.
11. 3ª/3ª/ legajos 385 a 805.
12. Vicente Hernández, Juan. 2003. « Las desamortizaciones de edificios eclesiásticos en los fondos del Archivo General Militar de Segovia». *Memoria ecclesiae*, *22:* 79-112.
13. 3ª/3ª/legajos 793 a 830.
14. R.O.C. de 7 de septiembre de 1906 (D.O. nº 194)
15. Real Decreto de 18 de enero de 1893.
16. Real Decreto de 12 de septiembre de 1901.
17. 3ª/3ª/legajo 67.
18. 3ª/3ª/legajos 925 a 965.
19. 3ª/3ª/legajo 935.
20. 3ª/3ª/legajos 927.
21. 3ª/3ª/legajos 831 a 863.
22. 3ª/3ª/legajos 833 y 834.
23. Estación de ferrocarril de Alicante proyectada en 1854, como prolongación de la línea que en principio se diseñó para unir Madrid-Aranjuez (3ª/3ª/legajo 150).
24. 3ª/3ª/legajos 881 a 924.
25. 3ª/3ª/legajos 966 a 972.
26. 3ª/3ª/legajos 899.
27. 3ª/2ª/legajo 25; 3ª/2ª/legajo 63; 3ª/6ª/legajo 28 (respectivamente).
28. Causa por la usurpación de terrenos hecha por Eduardo Julián Pérez, vecino de Zamora, contra el teniente coronel de Ingenieros Luis Estada. 9ª/Caja 1907/ exp. 15370.
29. Expediente por la usurpación de varios terrenos en la zona fortificada del castillo de Coria por parte del alcalde Cleto Maldonado Domínguez y otros. 9ª/ Caja 3381, exp. 26825.
30. Juicio contradictorio para la concesión de la Cruz de San Fernando a favor del sargento Antonio Fernández Sánchez. 9ª/ Caja 1973/exp. 15908.
31. Causa por amenazas al asentador de vía del ferrocarril Jose Antonio Alcañiz contra el teniente Francisco Pedregal Prida. 9ª/ Caja 4339, exp. 34443.
32. Causa para averiguar la conducta de los oficiales de los Regimientos Garellano 45 y Cazadores de Albuera 16 durante los sucesos de Madrid en 19 y 20-09-1886. 9ª/ Caja 5966, exp. 47226.
33. http://bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/planos_segovia/i18n/micrositios/inicio.cmd

Lista de referencias

Archivo General Militar de Segovia. 1988. *Catálogo de Documentos de Tercera Sección*. Madrid.

Almirante, José. 1869. *Diccionario militar.* Madrid: Depósito de la Guerra.

Gibert Rodríguez, Narciso. 1940. *Archivos militares: Reglamento para su régimen y servicio. Organización de los Archivos de guerra. Legislación complementaria*. 5.ª ed. [s.l.]: [s.n.]

MADOC. 2005. *OR3-401 Empleo de los Ingenieros*. Madrid: Ministerio de Defensa.

Mas, Rafael. 2003. *La presencia militar en las ciudades. Orígenes y desarrollo del espacio urbano militar en España.* Madrid: Catarata.

Palacio Ramos, Rafael. 2013-2014. «*La Junta encargada del Plan de defensa permanente de España (18511858) y la aplicación de sus conclusiones en Cantabria*». *Cuadernos de arquitectura y fortificación*, *1:* 99-122.

Vázquez Montón, José Ignacio. 1997. *Guía del Archivo General Militar de Segovia*. Madrid: Ministerio de Defensa.

Comisión de Ingenieros. 1911. *Estudio histórico del Cuerpo de Ingenieros del Ejército*. Madrid.

Materiales cerámicos de incrustación parietal en el Próximo Oriente. Derivaciones ornamentales y funcionales hacia los *clavi coctiles*

Amparo Graciani García

La importancia de la arcilla como material de construcción en Mesopotamia conllevó el uso masivo de piezas de adobe y cerámicas, de formas y dimensiones diferentes, tanto para ejecución de elementos estructurales (Graciani 2005 y 2007) como para fines ornamentales. Las primeras piezas cerámicas decorativas se utilizaron en la construcción monumental (especialmente en templos y palacios), en la primera mitad del cuarto milenio a.C. cuando a finales de época calcolítica, el periodo de El Obeid, se emplearon mosaicos (cónicos, figurados y geométricos) que además de su función estética habrían de contribuir a proteger los elementos constructivos ejecutados en adobe, en especial de la acción de la intemperie y de la erosión del agua y el viento. Los revestimientos ornamentales en el Próximo Oriente mantuvieron tal dualidad funcional hasta el siglo VI a.C. cuando, por los ruinosos efectos que una crecida tuvo sobre la recién remozada Babilonia, Nabucodonosor impuso el uso del ladrillo como material de construcción en la edificación monumental, momento a partir del cual la aplicación de piezas ornamentales respondió esencialmente a criterios estéticos (Graciani 1992, 37-38).

Los revestimientos cerámicos de los muros de adobe que precedieron a ese cambio tan importante para la Historia de la Construcción mesopotámica no se realizaron con ladrillos ornamentales hasta la llegada de los casitas, que aportaron los ladrillos abocelados o en relieve, siempre sin vidriar (Graciani 1992, 37).[1] Por ello, para garantizar la inserción (y con ello su adherencia) en la gruesa capa de argamasa de yeso o betún que cubría los muros matrices, se utilizaron piezas cerámicas muescadas y en vértice,[2] entre las que destacan los mosaicos cónicos, que se encastraban en la argamasa sin elemento metálico alguno; por el contrario, por ser planas, las pequeñas piezas de piedra o concha de los mosaicos geométricos habían de ser unidas entre sí con alambres para fijarlas a la base bituminosa.[3]

La existencia de piezas cónicas, de época posterior, en concreto del periodo casita (a partir del siglo XVIII a.C.) que evidencian claras similitudes con los *clavi coctiles* romanos (figura 1), nos ha llevado a plantear en este trabajo las líneas básicas de la evolución de estas formas cónicas, apostando por la hipótesis evolucionista que, como indica Tourtet (2013, 174) enunció Andrew (1923) y mantuvo Unger (1926).

Partimos de la hipótesis de que los romanos dotaron de un uso funcional a estas piezas (hasta el momento, ornamentales y rituales), para dar paso a los *clavi coctiles* que emplearon en la calefacción parietal de las termas, para fijar al paramento las placas de terracota del cerramiento de la *concameratio* (Sanz 1987). Estas piezas –referidas como *clavijas*, *fijas*, *poleas*, o *carretes*, en español) y *ton-nägeln*, *studds* y *terra cuite*, en alemán, inglés y francés, respectivamente– contarían en muchos casos con vástagos metálicos para facilitar el anclaje muro matriz (Degbomont 1984; Sanz Gamo 1987).

Según Yegül, esta solución estuvo muy difundida por el Mediterráneo, siendo anterior a las *tegula mam-*



Figura 1
Clavija y ladrillo de ángulos recortados para la *concameratio* (Sarabia 2012, 180)

matae que aparecieron en Italia en el siglo I a.C. Su difusión fue tal que, a finales del siglo I d.C., los *clavi coctile*s, asociados a ladrillos recortados habían desbancado a la solución italiana. Así en la Península Ibérica su uso estaría muy extendido en los siglos II y III, en paralelo a los tubuli latericii, que con sus oquedades laterales permitían mejorar el tiro y evitar el efecto ola de las turbulencias (Graciani 2009, 725-726).

Entendemos que las evidentes similitudes formales entre las piezas casitas y los *clavi coctiles* no puede ser casual y que la idea apuntada por algunos autores del origen oriental de estas piezas tan extendidas por el Mediterráneo fundamentaría la relación que se establece en estas páginas.

Los remotos antecedentes: los mosaicos cónicos

Los primeros ejemplares de piezas cerámicas cónicas para encastrar en muros corresponden al área sumeria y fueron de carácter decorativo; se emplearon como teselas de mosaicos cónicos, que, con los geométricos y los figurados, constituyen los revestimientos más genuinos de época caldea. De hecho, la presencia de mosaicos cónicos y de cuencos de reborde biselado son los dos parámetros que los investigadores estiman como reveladores de que el yacimiento en cuestión ha sido poblado por hombres del Sur (Baltali 2007, 8).



Figura 2
Piezas de mosaico cónico. Oriental Institute Museum, University of Chicago. Fot. de la autora

Las más antiguas datan de hacia el 4200 a.C., y fueron localizadas en Uruk (actual Irak), cuando durante el comienzo de su desarrollo urbano se construyeron con adobe grandes palacios y templos, cuyos exteriores precisaban ser decorados y protegidos de la intemperie. Fue entre el 3500 y el 3100 a.C., cuando en los niveles V-IV de Uruk (Schmandt-Besserat 1992, 59) el mosaico cónico se generalizó y alcanzó su esplendor, aplicándose en muros, columnas y basamentos de templos y palacios (en cuyos yacimientos se encuentran millares de conos); en esta fase, se encuentra también en otras poblaciones de la Baja Mesopotamia –Jebel Aruda y Hassek (colonias de Uruk), Ur, Tello y Eridú– y de la Siria moderna (p.e. Habuba Kabira) (Leick 2002, 17, 35-39).

Aunque existen variaciones locales (por ejemplo en Eridú, donde los conos eran de yeso y de más de 30 cm. de altura) los más comunes eran de arcilla cocida, de entre 10 y 12,5 cm de altura; sus bases o cabezas (con un diámetro cercano a los 2 cm) eran generalmente planas, presentando algunas un rehundimiento central respecto al resalte de su corona perimetral (figura 2).

Los conos se encastraban por sus vértices en la densa (y aún húmeda) capa de argamasa de yeso –y en ocasiones de betún– con la que se revocaba el paramento matriz, dejando sobresaliendo sus bases que estaban pigmentadas en negro, blanco o rojo. Los paramentos resultaban de gran belleza plástica y cromatismo, al organizar conos de bases de diferentes colores conforme a patrones geométricos diversos (diagonales, bandas rectilíneas o zigzagueantes, rombos, diamantes, ángulos y triángulos), probablemente inspirados en la cestería y los textiles (figura 3).

Entre otros (Schmandt-Besserat 1992, 59), el edificio más conocido en el que se emplearon mosaicos cónicos es el templo de Eanna en Uruk, que por su inusual encalado, se conoce como el templo de Caliza Blanca. En concreto, los mosaicos cónicos ornamentaban la plataforma porticada de los frentes NO y SO del patio trasero a la cabecera (el Patio de los Muros de Mosaico), sus peldaños y las dos hileras de pilares de dos metros de diámetro que la sostenían.

Por la abundancia de piezas cónicas localizadas es frecuente verlas expuestas en museos, incluso en composiciones como las reconstrucciones del Vorderasiathisches Museem (Pergamonmuseum del Staatliche Museem), de Berlín (figura 3), el Penn Museum de Filadelfia, el Metropolitan Museum of Art de Nueva York, el British Museum de Londres o el National Museum de Iraq en Bagdag.



Figura 3
Mosaico cónico del Templo de Eanna en Uruk. Staatliche Museem (Pergamonmuseum), Berlín

Según Schmandt-Besserat, su origen se remonta al octavo mileno a.C., cuando en Çatalhöyük (Anatolia)[4] se introducían en los hornos de cocción cerámica pequeños conos para elevar las piezas o bien con fines pirométricos (para determinar la temperatura de fusión), como también (aunque con una mayor sofisticación y ornamentación) posteriormente harían los egipcios.[5]

Clavos de pared: clavos de escarpela y de fundación (*sikkatu*)

En el periodo sumerio (Protodinástico o Dinástico Arcaico, 2900 a. C. y 2334 a.C.) el mosaico cónico evolucionó hacia la aparición dos tipos de *clavos de pared* (los de escarapela y los de fundación), ambos ornamentales, aunque los últimos también rituales. El proceso supone la desaparición de la superficie cerámica continua, potenciándose la separación entre las piezas y su tratamiento ornamental independiente, además de los valores simbólico-rituales ya referidos para los clavos de fundación.

Los clavos de escarapela son piezas de terracota de mayor longitud (de 25 a 37 cm.), cuyas cabezas (de 11,5 cm de diámetro) presentan un adorno floral. Los ejemplos más característicos (que pueden verse en el Museo Británico de Londres) corresponden al Tem-

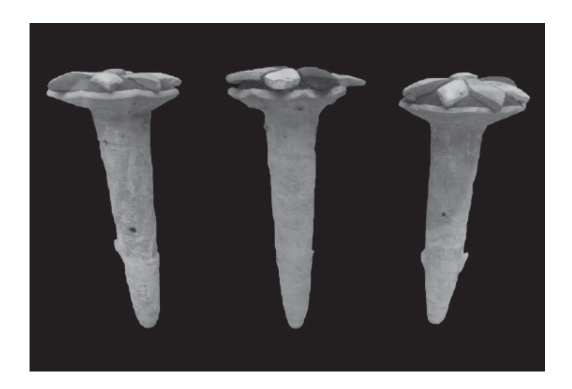


Figura 4
Clavos de escarapela del Templo de Ninghursag de Tell-ak Ubaid. British Museum, Londres. Fot. de la autora



Figura 5
Clavo de fundación de Samsuiluna (ca. 1479-1712 a.C.). Oriental Institute Museum, University of Chicago. Fot. de la autora

plo de Ninghursag de Tell-ak Ubaid (Irak) (figura 4), del Protodinástico III (2600-2350 a.C.),[6] cuyas escarapelas, que eran de ocho puntas,[7] estaban conformadas con pétalos de piedra caliza (dos rojos, dos negros y cuatro blancos) fijadas con alambre y masilla de betún a unos conos cerámicos con sendas protuberancias para facilitar el encastre a la argamasa de revestimiento del paramento matriz (Azara et al. 2012, 230). En este periodo, tuvo lugar la transición del encastre parietal mediante de conos cerámicos a otros de madera, que aunque inicialmente se aplicaron a clavos de escarapela (manteniendo la forma y las protuberancias de los conos cerámicos),[8] también se emplearon para fijar al paramento otro tipo de piezas, bien cerámicas (rosetas y figuras animadas) e incluso de rosetas de piedra caliza, calcita y concha como las que Woolley localizó en Ur y que hoy se conservan en el Staatliche Museum de Berlín.

Los clavos de fundación[9] que como los de escarapela datan del Protodinástico (2800-2320 a.C.), tuvieron mayor arraigo y continuidad en la tradición mesopotámica, ya que por conjugar la función ornamental y la ritual, se mantuvieron en las épocas acadia (2320-2230 a.C.) y neosumeria (2230-2000 a.C.), durante las cuales se colocaba un número importante de ellos en la parte superior de los muros (figura 5). En la lengua acadia se les conocería como *sikkatu,* en singular (*sikkate*, en plural, aunque en ocasiones se usa *sikkati*).

Estas piezas, modeladas en barro, responden a una evolución tipológica respecto a las que conforman los mosaicos cónicos, presentando con ellos tres claras diferencias, que se refieren a sus dimensiones, forma y ornamentación. Así, los clavos cerámicos de fundación alcanzan mayores dimensiones (13-27 cm. de longitud y 5,5-7,5 cm. de diámetro); su base (en ocasiones plana y en otras combada –con más o menos prominencia–, y por lo general lisa y carente de decoración) quedaba resaltada, mediante estrangulamiento, respecto al eje del cono, cuya punta era en unos casos larga y afilada y en otros corta y rechoncha.

El carácter ritual del clavo de fundación justifica sus inscripciones cuneiformes, distribuidas en la base del cono o en su eje –en una o dos columnas, y ocupándolo en la totalidad o en el tercio contiguo a la base–. En tales inscripciones, que las convierten en importantes fuentes de información, se recogen datos sobre la construcción o la reconstrucción del edificio en que se encastra (por ejemplo, el nombre y los cargos del propietario de la obra), así como plegarias y maldiciones relacionadas con la protección mágica del edificio, o –en los templos– con su consagración. Precisamente su carácter como «documento de propiedad» es la razón de la adscripción del término *sikkatu*; un vocablo que posteriormente,[10] a veces de forma indiscriminada, se aplicará con diversos significados a piezas ornamentales previstas para la parte superior de un paramento, con independencia de que cumpla o no alguno de sus dos requisitos básicos (ser una clavija y un «documento de propiedad») e inclu-

so a piezas ajenas al contexto acadio (de donde éste proviene) y fuera del cual, como algún autor ha incidido debería evitarse (Tourtet 2013, 173).

El uso de este tipo de clavos fue generalizado e incluso se extendió a la costa siria; por ello, resulta habitual contemplarlos en los museos con piezas del Próximo Oriente en la Antigüedad. Por ejemplo, en el Louvre se conservan algunos procedentes de Tello, como el de la amistad de Entemenna y de Uruk (2400 a.C.), y otros posteriores fechados hacia 2120 a.C. Las relaciones entre la costa de Siria y las ciudades del delta del Nilo, justifican que la tradición llegara al Bajo Egipto, donde en yacimientos como Buto se han localizado ejemplares tipológicamente similares a los de Tepe Gawra II (Mark 1993, 83-86).

Entendemos probable que ese fuera el punto de arranque de que a partir de la Dinastía XI (en el Imperio Medio, 2050-1750 a.C.)[11] y durante el Imperio Nuevo (1550-1069 a.C.), en Tebas (Egipto) se encastraran sobre la puerta de las capillas funerarias (tumbas) de adobe unos conos funerarios (de cerámica pintada), dispuestos alineadamente, a modo de friso, en cuyas bases, visibles, a partir del Imperio Nuevo, se recogía en escritura jeroglífica el nombre y el cargo del difunto propietario de la construcción y en ocasiones alguna oración (Vivó 1998; Manniche 2001; Dibley y Lipkin 2009) (figura 6). Con respecto a la interpretación de que la disposición en frisos aludiera al entrevigado de la cubierta (figura 7), entendemos que esta no es válida, por la superposición de filas de conos en distintos niveles, a diferencia de lo que sucede en las placas cerámicas ornamentales de las fachadas de los coetáneos palacios cretenses, donde por ser alineaciones únicas la relación es comprensible.



Figura 7
Conos funerarios sobre la puerta de la tumba de El Asasif (Dinastía XI) (Wilkinson y Hill 1983, 17)



Figura 6
Cono funerario de Sebekmose. Tumba de Tebas TT 275 (cono 501)

Clavijas cerámicas casitas

La invasión casita (que coincidió en el tiempo con el fin del Imperio Medio egipcio) conllevó la introducción de nuevas formas artísticas y decoraciones arquitectónicas, entre ellas el ladrillo abocelado y la organización aparejos con combinaciones de témpanos diferentes en una misma fábrica y con proliferación de sardineles. En esencia, un mayor decorativismo arquitectónico fundamentado en las formas cerámicas.

En ese contexto, las clavijas de este periodo evidencian un claro cambio tipológico y formal, adquiriendo mayor volumen y calidad artesanal (figura 8); así, en su extremo, para incrementar el resalte de la pieza respecto al paramento, se conforma una perilla abombada al estrangular el tronco de cono, cuyo tramo o cuello se potencia al rematarlo en un resalte



Figura 8
Sikkatu casita. Oriental Institute Museum, University of Chicago. Fot. de la autora

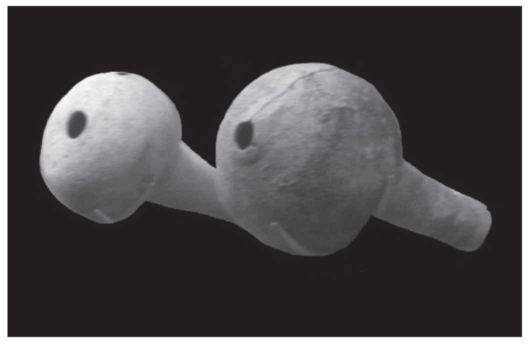


Figura 9
Sikkatu del Palacio de Nimrud. Oriental Institute Museum, University of Chicago. Fot. de la autora

que facilitar el apoyo de la pieza sobre el muro. La generación de la perilla será la razón de que las piezas posteriores sean denominadas por la historiografía con el término inglés *knob* (o *wall-knob*).

Son estas las piezas que constituyen el primer referente de los *clavi coctili* romanos, empleados siglos después para la sujeción de los ladrillos recortados de cerramiento de la concameratio dispuestos en el cuello del cono y fijados entre la perilla y el resalte de apoyo parietal (figura 8).

Derivaciones ornamentales asirias

Los *sikkate* perduraron época asiria; de hecho las inscripciones refieren su importancia en los templos, aunque no explican la razón. Se producen importantes novedades que afectan a su proceso de producción y a su forma.

Con relación a la primera cuestión, en época neoasiria comienza a aplicárseles el vidriado, en el contexto de su mayor uso derivado de las mejora en la técnica (Graciani 1992, 37): la perilla de los *sikkati* se esmalta, dotándose de anillos concéntricos ornamentales, polícromos, e inscripciones cuneiformes.

Por otra parte, las formas se diversifican. Así, los del Palacio de Nimrud y el Templo de Nabu (de los que se encontraron grandes cantidades en las escombreras) eran de forma globular con una oquedad central, con un vértice cónico que se insertaba completamente en el muro; en el Oriental Institute Museum de Chicago, se exponen algunas de estas piezas (figura. 9). La reconstrucción de un tramo del muro en el Pergamonmuseum de Berlín, permite ver cómo conforme al modo tradicional éstos se distribuían alineados en la parte superior de los muros, convenientemente distanciados (80 cm) (figura 10).

En paralelo, hay otros más acordes a la tradición previa, como se aprecia en los que rematan la bella composición de ladrillos esmaltados aplantillados de motivos diversos (bandas, trenzas, flores, ondulaciones,..) del altar levantado en un patio del Templo-Palacio de Gazuna (Tell Halaf) hacia el 800 a.C., durante la dominación asiria y parcialmente expuesto en el Museo Staatliche de Berlín (figura 11).

Un tercer grupo es el constituido por los *sikkate* de esmalte polícromo, que se asocian a una placa deco-



Figura 10
Reconstrucción de palacio asirio. Pergamonmuseum, Berlín. Fot. de la autora



Figura 11
Altar del Templo-Palacio de Gazuna (Tell Halaf). Staatliche Museem (Pergamonmuseum), Berlín. Fot. de la autora

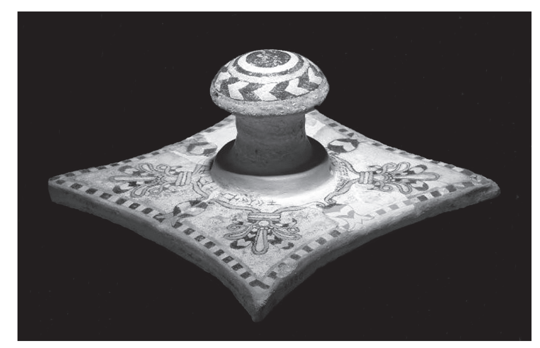


Figura 13
Sikkatu procedente del Templo de Isthar Kidmuri (875-865 a.C.). Museo Británico, Londres

rativa, existiendo tres variantes: dos en los que la perilla y la placa se integran en una única pieza –siendo en un caso la placa circular (figura 12) y, en otro, cuadrada de lados cóncavos (figura 13)–, de modo que la pieza se ancla al paramento con elementos metálicos, y otro en lo que el que la placa, con una oquedad central, es independiente respecto al *sikkatu*, de modo que la clavija se insertarían en la placas decoradas (figura 14). Ejemplares del siglo IX a.C. pueden verse en el Museo Británico, procedentes del Templo de Ishtar Kidmuri, de Nimrud y Tell Billa (figuras. 12, 13 y 14); se colocarían al modo tradicional en la parte alta de los muros, generando frisos coloristas sobre los relieves pétreos, también policromados, que cubrirían las salas.



Figura 14
Sikkatu procedente del Templo de Isthar Kidmuri (875-865 a.C.). Museo Británico, Londres



Figura 12
Sikkatu procedente de Tell Billa (875-865 a.C.). Museo Británico, Londres

Dichas variantes parecen tener un origen elamita ya que en el Medio Elam, entre Choga Zanbil (en el SO de Irán) y Meskene (Medio Eúfrates) se han constatado piezas[12] –éstas de esmalte monócromo– compuestas por una perilla y una placa cuadrada fechadas en el siglo XIII a.C., unos con decoración epigráfica y otras anepigráficas. El modelo de Choga Zanbil *(tile knob)* (figura 15)*,* donde también se han encontrado piezas de clavo tradicionales, difiere del de Tall-e-Malian *(nail knob)*, compuesto por una placa en la que se insertaba una clavija de madera que la fijaba

a muro (Tourtet 2013, 174). Ello implicaría que, durante la Alta Edad del Bronce, en un momento de amplias relaciones interculturales, la tradición mesopotámica se exportó al Medio Elam, donde el *sikkatu*[13] pasó a denominarse *huphuppu* (Tourtet 2013, 173); sin embargo en época neoasiria el término acadio siguió vigente aplicándose incluso a una tipología de cerradura propia de la época (Radner 2010). El modelo aparecido en el siglo XIII se mantendría en la región durante siglos, como evidencia la existencia en Susa de piezas similares a las de Choga Zabil, fechadas en los siglos VIII-VII a.C.(Basello 2012, 12).

En el Elam, se produciría otro proceso evolutivo, por la reducción de las clavijas a perillas o carretes vidriados (con decoración epigráfica o anepigráficos) utilizados como picaportes, como los aparecidos en Susa.

La influencia asiria llegaría a Urartu donde los modelos se repiten pero ejecutados, tanto las placas como los *sikkate*, en bronce. Prueba de ello son los ejemplares documentados procedentes de Ayani, fortaleza de Rusa II, fechada en la primera mitad del siglo VII a.C. (Dan 2012).

Conclusiones

El mosaico cónico como solución ornamental y protectora de paramentos de adobe evolucionó en fases

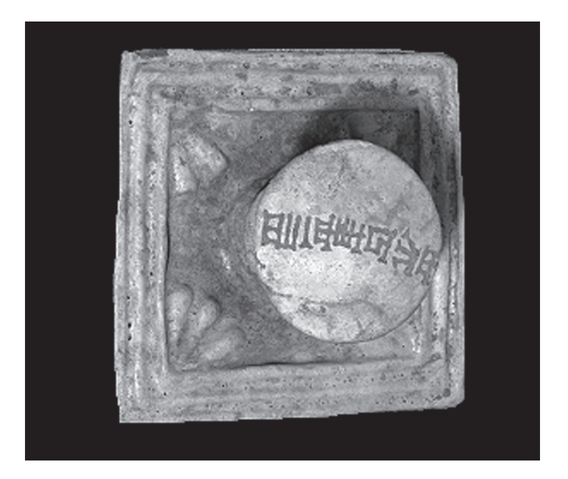


Figura 15
Huphuppu de Choga Zanbil (Periodo Medio Elamita, s.XIII a.C.). Museo Británico, Londres

posteriores hacia formas cónicas decorativas independientes, que se aplicaron en la parte alta del paramento, y a las que en época sumeria se otorgó una función simbólica ritual apareciendo el *sikkatu*. Las transformaciones casitas, vinculadas al perfeccionamiento de la producción cerámica de aplicación arquitectónica característica de la época, dio paso a una nueva forma de clavija que potenciaba su extremo sobresaliente respecto al muro mediante el estrangulamiento del tramo contiguo a la base de la pieza. Aparecía así un elemento arquitectónico, de carácter ornamental, con evidentes similitudes con los *clavi coctiles* romanos.

La difusión de esta solución por todo el Próximo Oriente, que –con variantes materiales y ornamentales según la región– pasó de Mesopotamia a Siria, el Elam, y Urartu, facilitaría la transformación en época romana de esta pieza de uso ornamental en un elemento práctico, aprovechando el estrangulamiento de las clavijas para el encastre de las placas recortadas de la concameratio de las termas. Así, la solución de origen oriental, se difundiría por el Mediterráneo, con amplia difusión en la Península Ibérica por influencia del Norte de África.

Notas

1. Posteriormente los asirios aportarían el ladrillo vidriado, que los neo-babilónicos fusionarían con la tradición casita creando el ladrillo vidriado en relieve, cuyo máximo exponente lo constituye la Puerta de Isthar de Babilonia.
2. En el periodo dinástico arcaico se constata la existencia de piezas cerámicas de ornamentación con muescas y pigmentaciones en sus caras de testa y de formas peculiares para su inserción en la fábrica. En el Vorderasiathisches Museum (Staatliche Museem zu Berlin) se conservan algunos ejemplares procedentes de emplazamientos secundarios (Azara et al. 2012, 190).
3. Esta ornamentación (con concha y piedra rosa y negra) se usó en las columnas de madera del pórtico del templo de Ninhursag en Tell Al Ubaid, del periodo dinástico arcaico III (2600-2350 a.C.), localizado por la misión arqueológica británico-americana, dirigida por Sir C.L.Woolley en 1923-24, hoy en el Penn Museum de Filadelfia.
4. Ejemplares localizados en Tello (ca. 7500 a.C.) se exhiben en el Museo del Louvre.
5. Piezas de este tipo pueden verse en el Petrie Museum of Egyptian Archaeology (University College London).

6. En el Penn Museum de Filadelfia se conservan algunos ejemplares. Provienen de la expedición conjunta (británico-americana) a Ur (1923-24), dirigida por Sir C.L. Woolley.
7. La escarapela de ocho puntas se suele relacionar con la diosa Inanna.
8. Hacia 1932, F.G.Newton dibujo una acuarela con una pieza de este tipo que se incluyó en la publicación de la misión conjunta de Woolley en Ur (Azara et al. 2012, 230).
9. Otro tipo de piezas fundacionales mesopotámicas fueron las *figurillas clavo,* en las que perduraba el carácter ritual de la forma cónica. Este tipo de clavo de fundación, generalmente de cobre, estaba conformado por unas pequeñas figuras (humanas o animales) asociadas a un cono que se insertaba en las zanjas de cimentación. Su finalidad era profiláctica, es decir se pretendía con ellos ahuyentar los malos espíritus (los dioses del ultramundo) a lo que se pretendía compensar por haberles robado una parte de su espacio con estas piezas que unirían los cimientos –el subsuelo– con la construcción emergente. En caso de restauración, las obras debían comenzar por la localización de estos clavos (como también las restantes piezas fundacionales) a fin de que la nueva reconstrucción fuera lo más parecida a la anterior y así asegurar la pervivencia de la obra (Graciani 2005b y 2012).
10. Sandra Richter recoge usos de la fórmula *sikkatu* en diferentes momentos, entre ellos los usos asirios (Richter 2012, 196).
11. Los conos funerarios del Imperio Medio carecen de inscripciones y son de mayor longitud (hasta 53 cm).
12. Las piezas eran de dimensiones variables. Las de Choga Zanbil eran mayores que las encontradas en otras poblaciones (45, 38, 26 o 13 cm).
13. Basello refiere el uso del término *sikkatu* en el Elam en el siglo XXI a.C. (Basello 2012, 42).

Lista de referencias

Andrae, W. 1923. *Farbige Keramik aus Assur und ihre Vorstufe in altassyrischen Wandmalereien*. Berlin.

Azara, P. et al. 2012. *Antes del diluvio: Mesopotamia 3500-2100 a.C.* Barcelona: Obra Social La Caixa: Polígrafa.

Baltali, S. 2007. «Culture contact, culture integration and difference: a Case from Northern Mesopotamia». En *Stanford Journal of Archaeology*: 5, 1-17.

Basello, G.P. 2012. Doorknobs, Nails or Pegs. «The Function(s) of the Elamite and Achaemenid Inscribed Knobs». En *Dariosh Studies II. Persepolis and its settlements: territorial system and ideology in the Achaemenid State* editado por G. P. Basello y A.V. Rossi. Napoli, 2012, 1-66.

Buren, E. 1930. *Clay Figurines of Babylonia and Assyria.* New Haven: Yale University Press.

Buren, E. 1931. *Foundation figurines and offerings*. Berlin: Hans Schoetz et Cie.

Dan, R. 2012. «Nails in the Wall: The sikkatu in Urartian Toreutic Production». En *Dariosh Studies II. Persepolis and its settlements: territorial system and ideology in the Achaemenid State*. Editado por G.P.Basello y A.V. Rossi. Napoli, 301-312.

Degbomont, J. M. 1984: *Le chauffage par hypocauste dans l´habitat privé. De la place St-Lambert à Liège à l´Aula Palatina de Trèves,* 2 edition, Liège.

Dibley, G. y Lipkin, B. 2009. *A Compendium of Egyptian Funerary Cones.* London.

Ellis, R. S. 1968. *Foundation deposits in Ancient Mesopotamia.* Yale University Press.

Ghirshman, R. 1966.*Tchogha Zanbil (Dur-Untash)*, vol. 1, *La zigurat* (Mémoires de la Délégation Archéologique en Iran 39). Paris.

Graciani, A. 1992. *Problemática y consideraciones generales para un estudio de la construcción.* Sevilla.

Graciani, A. 2005. «Una aproximación a las fábricas de albañilería en ladrillo en la construcción mesopotámica. El descubrimiento de la adherencia y la traba». En *Actas del IV Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Cádiz: Sociedad Española de Historia de la Construcción, 2: 547- 560.

Graciani, A. 2005b. «Depósitos Fundacionales en las Cimentaciones Mesopotámicas y Egipcias». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Congreso Nacional de Historia de la Construcción,* Cádiz: Sociedad Española de Historia de la Construcción, 2: 537- 547.

Graciani, A. 2007. «Algunas notas sobre las piezas cerámicas en la construcción mesopotámica». *Actas del V Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Burgos: Sociedad Española de Historia de la Construcción, 2: 499- 511.

Graciani, A. 2009. «Earthernware Pieces Manufactured for Roman Thermae». En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History.* Cottbus, 721-728.

Graciani, A. 2012. «Mesopotamian Foundation Deposits in the Louvre Museum». En *Nuts & Bolts of Construction History. Culture, Technology and Society*, 1: 37-43. Picard.

Leick, G. 2002. *Mesopotamia: The Invention of the City*. Penguin UK.

Manniche, L. 2001. «Funerary cones». En: *The Oxford Encyclopedia of Ancient Egypt.* D.B. Redford. Oxford, I: 565-567.

Mark, S.E. 1993. *A study of possible trade routes between Egypt and Mesopotamia, ca. 3.500-3.100 b.C.* Texas A M. University, 83-86.

Radner, K. 2010. «Garekeepers and lock masters. The control of access in Assyrian Palaces». En *Your Praise is*

sweet. Editado por H. D. Baker, E. Robson y G. Zólyomi. British Institute for the Study of Iraq, 269-280.

Richter, S. 2012. *The Deuteronomistic History and the Name Theology: leshakken shemo sham in the Bible and the Ancient Near East.*

Sanz Gamo, R. 1987. «Algunos materiales romanos utilizados en la construcción de las concamerationes». En *Oretum* III, 225-236.

Sarabia Bautista, J. 2012. *La villa de Balazote (Albacete): un ejemplo de la vida en la campiña entre el Alto y el Bajo Imperio Romano.* Universidad de Alicante.

Sauvage, M. 1998. *La brique et sa mise oeuvre en Mésopotamie. Des origines à l'époque achéménide.* Paris: Université de Paris I.

Schmandt-Besserat, D. 1992. *From Couting to Cuneiform*. University of Texas Press.

Tourtet, F. 2013. «Distribution, Materials and Functions of the *Wall Knobs*». En *The Near Eastern Late Bronze Age: From South-Western Iran to the Middle Euphrates*, in Katrien De Graef y Jan Tavernier eds., *Susa and Elam. Archaeological, Philological, Historical and Geographical Perspectives. Proceedings of the International Congress Held at Ghent University, December 14–17, 2009* (Mémoires de la Délégation en Perse 58). Leiden & Boston: Brill: 173-190.

Unger, E. 1926. Gründungsurkunde. En Ebert, M. (ed.), *Reallexikon der Vorgeschichte 4*. Berlin: 565-567.

Vivó, J. 1998. «Los conos funerarios». En *Egiptomanía*: 4, 744-755.

Wilkinson, Ch. K. y Hill, M. 1983. *Egyptian Wall Paintings. The Metropolitan Museum of Art's Collection of Facsimiles,* Nueva York.

Construcción tradicional de muros de tapia en México y Ecuador

Luis Fernando Guerrero Baca

México y Ecuador, como toda Hispanoamérica, comparten –entre muchos aspectos culturales– el uso ancestral de la tierra como material constructivo. Las técnicas predominantes de edificación con tierra de origen prehispánico fueron el bajareque, el barro modelado y el adobe, las cuales, en mayor o menor medida siguieron vigentes por varios siglos, principalmente en áreas rurales.

Las condiciones climatológicas y sísmicas de gran parte de la geografía de México y Ecuador, incidieron en el predominio de la construcción precolombina de viviendas con muros de bajareque, los cuales, dada su flexibilidad y comportamiento higrotérmico, permitían desarrollar viviendas cómodas y seguras.

Sin embargo, los templos, palacios, almacenes y otros edificios destacados destinados a las élites gobernantes de las ciudades precolombinas, por cuestiones de estatus y durabilidad se solían edificar con tierra modelada, adobes y materiales pétreos, emplazándose además sobre plataformas elevadas hechas de tierra compactada, sola o en combinación con piedras (figura 1).

Sin embargo, los procesos de compactación de la tierra para estos componentes estructurales se realizaba sin utilizar moldes que confinaran la materia prima, por lo que no es posible considerar esta técnica como la tapia pisada desarrollada en otras latitudes, con la que se construyen muros de carga, y de los cuales a la fecha no se han encontrado restos de origen prehispánico, por lo que parece evidente que llegó a este continente a partir de la conquista.

Durante el siglo XVI continuó prevaleciendo el empleo de las técnicas de bajareque y adobe, perfeccionadas gracias a la fusión de las culturas constructivas europeas y los diversos conocimientos locales de las civilizaciones originarias. Existen innumerables ejemplos de edificios de la época virreinal realizados con una o ambas técnicas y que se conservan en asombroso estado de integridad. En cambio, la técnica de tierra modelada fue perdiendo vigencia hasta desaparecer prácticamente de toda Hispanoamérica como procedimiento tradicional de construcción.

La arquitectura de tapia, por su parte, presenta diversas interrogantes, sobre todo en lo que se refiere a su nivel de desarrollo tecnológico y difusión territorial. Los españoles y portugueses introdujeron este sistema constructivo a América desde principios de la conquista, debido a que era una técnica que dominaban los cuerpos militares, puesto que desde varios siglos atrás, se realizaban fortificaciones amuralladas, almacenes y torres de vigía con tierra apisonada dentro de tapiales, como parte de las estrategias de ocupación.

Pero por razones no aclaradas hasta ahora, la evolución de esta técnica y sus procesos de expansión en México y Ecuador estuvieron focalizados geográficamente. Mientras que existen poblados y viviendas rurales con múltiples edificios de tapia, hay extensas áreas vecinas a éstas en las que no hay evidencias de su empleo, predominando la arquitectura de adobe y bajareque.



Figura 1
El área de edificios para la élite de la ciudad prehispánica de Cacaxtla, Tlaxcala, famosa por sus pinturas murales, se edificó con adobe y piedra sobre basamentos de materiales compactados (Foto L. Guerrero)

En México, Hernán Cortés edificó en 1519 la antigua Villa Rica de la Veracruz con muros de tapia pero lamentablemente sus huellas se han perdido casi por completo (Medellín 1951). Solamente se conserva arquitectura con esta técnica en una franja territorial que va desde de la Sierra Nevada, hasta el Pico de Orizaba, en el centro del país, en poblados vinculados al Camino Real que unía al puerto de Veracruz con la Ciudad de México (Guerrero 2014).

Para el caso de Ecuador, en los centros urbanos más destacados de la época colonial como Quito, Guayaquil y Cuenca la mayor parte de la edificación se realizaba con piedra, lodo, cañas y adobes, aclarándose que «no hay tapias porque la tierra no es buena para eso, porque no hay limo o ladrillos» (Pablos [1582] en Jamieson 2003, 94). No obstante, una parte importante de la construcción con esta técnica se desarrolló en la provincia de Loja, en la frontera sur del país colindante con el Perú. Esta región tuvo un gran auge durante la época colonial por la explotación de minas de oro. Además, se encuentra en un punto neurálgico de la cordillera de los Andes, donde se cruza una ruta transversal que lleva a la selva amazónica desde el Océano Pacífico, con el Camino Real que longitudinalmente unía a Lima con Quito.

En ambas regiones de México y Ecuador se edificaron con tapiales algunas capillas, edificios públicos, haciendas y bardas de cementerios, pero su uso intensivo no se dio en los conventos, colegios, palacios u otros edificios urbanos de gran envergadura, que casi siempre se hicieron con piedra o adobe. Esta técnica proliferó y pervive hasta nuestros días a partir de su implementación en viviendas de pequeños poblados o en contextos francamente rurales. Casas de uno y dos niveles con muros de tapia subsisten, a pesar de las condiciones sísmicas y climatológicas imperantes. Sin embargo, aunque se supone que muchas de ellas corresponden a la época virreinal, no se cuenta con información suficiente para su adecuado fechamiento.

Pero, a pesar de los evidentes valores históricos de estas estructuras, muchas han sido abandonadas o destruidas –sobre todo las implantadas en estructuras urbanas– para ser substituidas por edificios realizados con materiales industrializados, los cuales gozan de mayor prestigio y aceptación social (figura 2). Las comunidades locales consideran que los inmuebles construidos con tierra cruda son un símbolo de pobreza y atraso, por lo que se están perdiendo a gran velocidad (Guerrero, 2011).

Por esta razón resulta impostergable el estudio y documentación de la cultura constructiva con tapia, a fin de identificar sus características formales, funcionales y materiales, así como su vulnerabilidad, con el objeto de poder plantear soluciones para su salvaguardia y restauración.

Además, la recuperación de los conocimientos de la edificación con esta técnica y su implementación en la arquitectura contemporánea podría resolver de manera sostenible la creciente demanda de vivienda



Figura 2
Vivienda urbana de tapia en la ciudad de Loja, capital de la provincia del mismo nombre en Ecuador (Foto L. Guerrero)

que prevalece en estos territorios, al igual que en muchas otras zonas rurales de Hispanoamérica.

Viviendas tradicionales y entorno natural

A pesar de la enorme distancia que separa al estado de Tlaxcala en el centro de México, de la Provincia de Loja en Ecuador, ambas poseen condiciones sociales, culturales y geográficas notablemente semejantes, por lo que no es extraño que los habitantes tradicionales hayan desarrollado respuestas arquitectónicas con marcadas coincidencias.

Los territorios están rodeados por altas montañas de origen volcánico y las poblaciones y emplazamientos rurales más densamente poblados se establecieron entre las cotas de los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar. Los contextos topográficos y geológicos generan una latente vulnerabilidad sísmica, aunque los efectos telúricos nunca han sido tan devastadores como aquellos que caracterizan otras zonas más cercanas a las falla de San Andrés, que como se sabe, bordea gran parte del continente en la costa del Pacífico.

Empero, de manera esporádica se presentan sismos de mediana intensidad, además de tremores intermitentes derivados de la actividad volcánica del entorno. En la provincia de Loja la topografía es mucho más accidentada que la de Tlaxcala, en donde los diferenciales de alturas entre montañas y ríos se ven atenuados por planicies en las que se han establecido las comunidades desde épocas muy remotas.

En esta región el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de entre 12 y 18°C, aunque en enero y febrero ésta puede bajar hasta los 3°C. En el centro y sur del estado se presentan las lluvias más abundantes que van de los 600 a los 1200 mm, mientras que en el oriente y noreste las precipitaciones son menores, teniéndose promedios de 500 mm (figura 3). La época de lluvias transcurre de mayo a octubre (Guerrero 2013).

Por su parte, en la provincia de Loja el clima es temperado-ecuatorial subhúmedo, con una temperatura media de 16°C. Por su ubicación cercana a la línea del ecuador la oscilación anual de la temperatura es de solamente 1.5°C y las lluvias se presentan en junio y julio. Los meses de menor temperatura fluctúan entre junio y septiembre, siendo julio el mes más frío. De septiembre a diciembre se eleva la temperatura media, y en noviembre se registra el 30% de las más altas temperaturas del año.



Figura 3
Casa de tapia en Atlzayanca, Tlaxcala, en la que se observa la escasa pendiente de su techo por estar localizada al oriente del estado (Foto L. Guerrero)

Esta información es importante al relacionarla con los rasgos materiales y formales de las viviendas tradicionales de ambas regiones. El espesor de los muros, la ocupación de terrenos, la escasez de ventanas y las pendientes de las cubiertas, entre otros rasgos tipológicos, obedecen a la necesidad de protección climática. Aunque gran parte del año las condiciones ambientales se encuentran dentro de rangos de confort higrotérmico, en horas y días determinados las temperaturas resultan extremosas y la humedad ambiental puede tener importantes oscilaciones.

Pero, gracias al uso de la tierra como material constructivo de muros y pisos, la masividad y el retardo térmico, asociados al intercambio cotidiano de vapor de agua que realizan las arcillas con el medio ambiente, la temperatura y humedad de los espacios interiores se mantiene estable.

Los techos de una o dos vertientes están recubiertos con tejas y aleros que protegen los muros del impacto directo de la lluvia que, aunque no es abundante a lo largo del año, cuando se presenta, adquiere condiciones torrenciales y en ocasiones es acompañada de granizo (figura 4).

Antes de que se generalizara el uso de tejas en los techos, estos se realizaban con material vegetal. Tradicionalmente se empleaban haces de gramíneas que se entretejían sobre los largueros y vigas, para con-



Figura 4
Vivienda de Chuquiribamba, Loja (Foto L. Guerrero)

formar cubiertas pajizas muy estables. En el caso de México, además de existir ese recurso, en algunas zonas se emplearon tablas rústicas muy delgadas a las que se les conoce con el nombre de «tejamanil».

Pero ambos tipos de techos de origen vegetal implicaban la necesidad de contar con mayores pendientes, a fin de propiciar el rápido desalojo de la lluvia y, de este modo, evitar que la paja o la madera se mantuvieran húmedas y se pudrieran. Con la evolución hacia los tejados, las pendientes de las vertientes se tuvieron que disminuir para evitar que las tejas se resbalaran y cayeran (figura 5).

Casi ninguna vivienda vernácula cuenta con recubrimientos en todos sus muros. A veces se encalaba



Figura 5
Casa en Atlangatepec, Tlaxcala que conserva su techo de «tejamanil» (Foto L. Guerrero)

la fachada principal, si es que ésta tenía frente hacia la calle. En cambio, los espacios interiores, regularmente están revocados y pintados a la cal con colores claros. Las casonas de cierta importancia, así como las capillas o edificios públicos sí se recubrían y todavía conservan restos de revoques de cal y arena.

Procesos constructivos de muros tapia

La singularidad de la edificación de muros de tapia con relación a otros procesos de tierra compactada, radica en el empleo de un molde que no solamente permite dar forma a los componentes constructivos sino que propicia una elevada densificación del material, al presionarse dentro de un espacio confinado que impide su desplazamiento.

Como menciona Marcos y Bausá (1879, 172) «la tierra bien picada y desmenuzada», se vierte en el molde o tapial mediante baldes o canastas «en tongadas de unos 14 centímetros (6 pulgadas), que se apisonan con fuerza con un pisón de hierro en forma de cuña, dando los golpes cruzados y con los pies de los peones que dentro trabajan, continuando así por tongadas hasta enrasar los cantos superiores de los tableros».

A diferencia de otros sistemas constructivos de tierra, para la elaboración de muros de tapia se requiere de poca cantidad de agua, por lo que para lograr la adecuada cohesión de las arcillas el proceso se fundamenta en la compresión mecánica del material. La tierra se extrae de zonas cercanas a la obra y se utiliza en su estado de humedad natural sin ningún proceso de estabilización.

Si la materia prima contiene excesiva humedad no puede ser compactada adecuadamente, se adhiere al pisón y se generan deformaciones o fisuras al secar. Pero, si la tierra está demasiado seca nunca alcanzará a consolidarse por más que se compacte. Se necesita una humedad aproximada del 10 % para propiciar la acción aglutinante de las arcillas y permitir el correcto desplazamiento de los limos, arenas y gravas en el interior (Doat 1996).

El tipo de tierra que se utiliza varía de región en región y está directamente vinculado tanto con la resistencia final de las estructuras como con la velocidad en que se realiza el proceso constructivo. En Loja la tierra que se emplea contiene un elevado porcentaje de arcillas de alta plasticidad lo cual resulta

positivo porque se obtienen tapias densas y resistentes, pero presenta el inconveniente de que al secarse por completo los componentes constructivos desarrollan retracciones que se manifiestan como fisuras. Además, durante el proceso de apisonado los operarios tienen que interrumpir continuamente su labor de compactación con el fin de limpiar la base sus pisones, a la que quedan adheridas capas del material arcilloso.

En Tlaxcala tradicionalmente se ha optado por utilizar suelos de tipo arenoso con lo que, aunque se obtienen resistencias a la compresión y abrasión comparativamente menores, el trabajo de compactación es más eficiente. Además, la porosidad de las tapias permite que su secado después de ser elaboradas sea mucho más rápido y homogéneo, de manera que no se suelen presentar agrietamientos en las piezas terminadas.

Es conveniente que los muros se levanten sobre una cimentación de piedra asentada con morteros de barro o de cal y arena. Esta estructura ha de sobresalir un mínimo de 30 cm el nivel de piso natural, a fin de proteger las partes bajas de los muros de las salpicaduras de la lluvia, así como de posibles corrientes superficiales de agua. Además, este zócalo propicia la evaporación de la humedad freática con lo que se evita la ascensión capilar que podría debilitar a la tierra de las tapias.

En la región de Loja, la incorporación de estos componentes constructivos se realiza durante el momento mismo de la realización de la primera hilada de tapias. En lugar de construir una fundación, esperar a que endurezcan los morteros y posteriormente construir sobre ella, las comunidades locales simplemente colocan dentro del tapial piedras perfectamente trabadas, que se asientan con un mortero de barro en estado plástico. Una vez que se alcanza la altura deseada, se empieza a llenar el cajón con tierra más seca, procediéndose a su compactación (figura 6).

En cambio, la mayor parte de las viviendas de Tlaxcala presentan fallas en sus bases justamente porque la primera hilada de los muros se desplanta directamente dentro de una zanja o a ras del suelo natural, sin fundación ni zócalo alguno. Cuando se cuenta con la suerte de que el nivel freático no es demasiado elevado, las viviendas resisten sin problemas, pero la realidad es que casi todos los muros están socavados en sus bases a consecuencia de la absorción capilar (figura 5).



Figura 6
Colocación de las piedras del cimiento y zócalo en la primera hilada de tapias (Foto L. Guerrero)

La diversidad constructiva de las tapias depende mucho del tipo de cimbra que se utilice y de las herramientas de apisonado. Sin embargo, los moldes que se emplean con mayor frecuencia en el orbe, corresponden con la siguiente descripción, que es similar a la de otros manuales del siglo XVII y XIX, la cual se representa esquemáticamente en la figura 7.

> Para construir las tapias hay que valerse de un molde compuesto de dos tableros de madera, llamados tapiales, de unos 34 milímetros (dos pulgadas) de grueso, y del largo y alto que hayan de tener los cajones de tierra, [que se] sujetan a los gruesos que se quieran, por medio de dos aros compuestos cada uno de cuatro piezas; dos de madera serrada ó media alfargía, llamadas *costales,* colocados verticalmente a lo alto de los tableros, y que sobresalen de éstos por la parte superior, y dos varillas de hierro ó *agujas,* que atraviesan los costales por arriba y por abajo en sentido del espesor de la tapia. (…) [Al concluir el apisonado] se desarma el molde soltando primero los garrotes, quitando las agujas superiores, los costales, los cabeceros y tapiales y por último, las agujas inferiores, para después volverlo a armar a continuación, e ir formando del mismo modo todos los cajones de esta hilada y luego los de la inmediata superior (Marcos y Bausá 1879, 171-172).

El diseño de los moldes en la región de Loja, coincide plenamente con estas características y, como se puede observar en la figura 8, muchas de las propias piezas que los componen, han sido heredadas durante generaciones por lo que constituyen bienes culturales de alto valor.

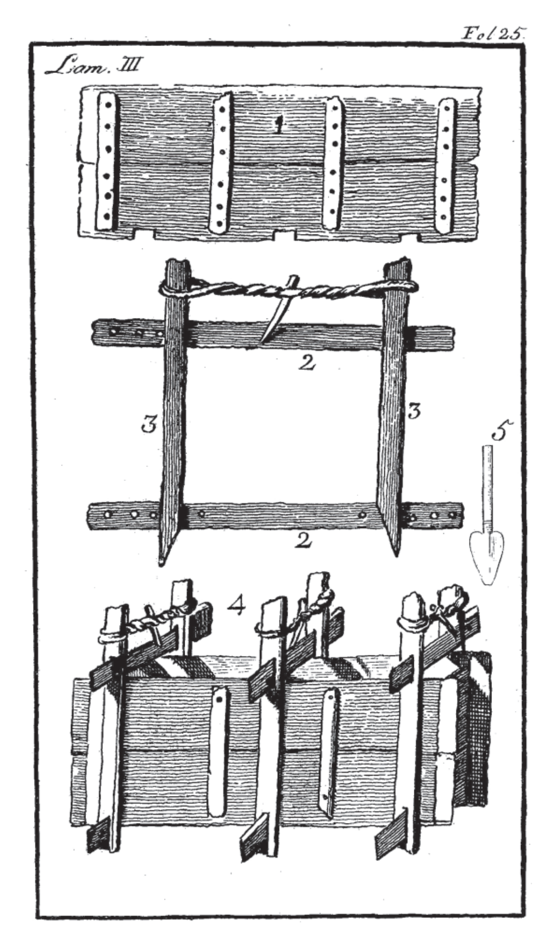


Figura 7
Los tapiales que se usaban más frecuentemente en España incluían agujas como travesaños que ayudaban a soportar las tablas y controlaban el ancho de muros (Villanueva 1827, 25)



Figura 8
Trabajo de compactación dentro de antiguos moldes que se siguen utilizando en el poblado histórico de Chuquiribamba, Loja (Foto L. Guerrero)

El empleo de este tipo de moldes estructurados con «agujas» en Ecuador define el proceso constructivo que se realiza a partir de desarrollos longitudinales de las hiladas, los cuales se conforman a partir del desplazamiento horizontal de los bloques, una vez que los anteriores han sido concluidos.

Además, las huellas que dejan las «agujas» en los muros, permanecen como un elemento visible desde el exterior, aunque se suelen tapar con barro para evitar que penetre fauna nociva a habitarlos. Estos mechinales son evidentes sobre todo en las caras de los muros laterales de las viviendas (figura 9).

Los operarios entran en la cimbra y reciben recipientes con tierra, la cual extienden con los pies para proceder a compactarla por capas con ayuda de un pisón. Es importante que la compactación comience en los bordes del muro, al paño de la cimbra y continúe hacia su centro, procurando golpear en todos sentidos para lograr una presión homogénea (Ger y Lobez 1898).

Después de repetir esta operación capa sobre capa hasta llenar la cimbra, ésta se desarma para colocarla a continuación del bloque recién concluido, a fin de conseguir una adecuada unión entre las piezas. Se verifica nuevamente el plomo y nivel y se repite la operación de llenado y compactación, hasta cerrar el perímetro de la primera hilada de la construcción.

En ese momento el secado del material será suficiente como para que soporte el peso de los obreros,



Figura 9
Casa abandonada en Taquil, Loja, en la que se aprecian los mechinales dejados por las agujas (Foto L. Guerrero)

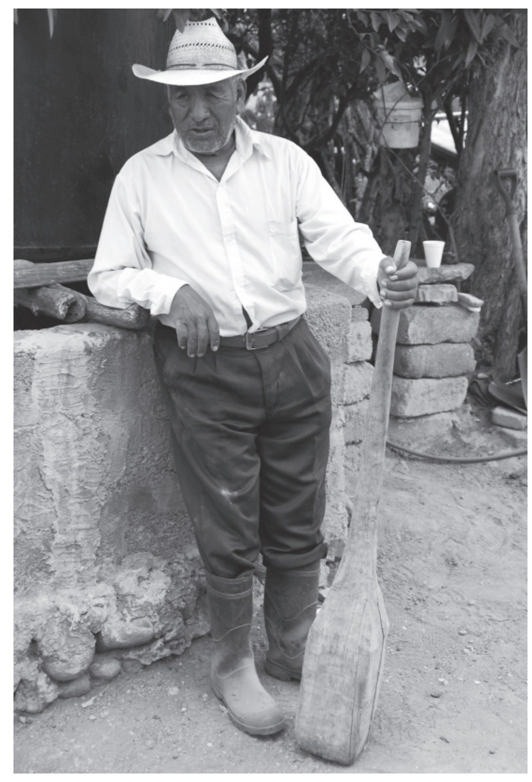


Figura 10
Los pisones tradicionales pueden llegar a pesar diez o quince kilogramos, Calpan, México (Foto L. Guerrero).

la cimbra y la siguiente hilada que se elabora repitiendo el procedimiento, con una nueva serie encima de la anterior, hasta completar la altura final del muro.

Llama la atención el hecho de que tanto en Ecuador como en México los pisones que se emplean son totalmente diferentes a los que se recomienda en la mayoría de los tratados y manuales de albañilería. En lugar de tener delgada la base que golpea a la tierra a fin de concentrar la carga en una superficie menor y con ello dar una mayor compresión, los pisones tienen una base cuadrada de 12 cm a 15 cm por lado. Suelen ser sumamente pesados por estar tallados de una sola pieza en maderas muy duras y densas (figura 10).

Los tapiales se hacían con varios tablones que en ocasiones eran reforzados con tiras de madera, clavadas transversalmente a lo alto de los tableros. Las compuertas laterales eran de tablones sencillos. Los espesores de muros son bastante regulares en México y Ecuador y oscilan entre los 50 y 60 cm.

No obstante, en la zona de estudio en Tlaxcala el manejo de los encofrados cambia radicalmente con respecto a la descripción de la mayoría de los manuales y al caso ecuatoriano. En lugar de utilizar «cajones» modulares que se van desplazando horizontalmente conforme avanzan las hiladas, se emplean pies derechos que confinan a tablones unitarios, soportados mediante puntales desde el piso (figura 11).

Así, a diferencia de la tradición constructiva en tapial de la mayor parte del mundo, caracterizada por el empleo de agujas de madera o de metal que mantienen unidos los tableros laterales, en Tlaxcala, al igual que sucede en otras zonas de México, el control de la presión del apisonado de la tierra se soportaba desde su cara exterior mediante tablas sobrepuestas.

Los pies derechos son clavados en el suelo y presionados con cuñas de madera para mantener su verticalidad. La parte alta de estos postes se ata con cuerdas para evitar su separación (figuras 11 y 12). Esta técnica es muy similar a la que se conoce en Francia como el Método Bugey (Doat 1996, 32) y tiene la ventaja de agilizar el proceso constructivo al irse elevando las tablas conforme avanza la compactación. Además, es más fácil mantener la verticalidad de los muros de modo que no se requiere la revisión continua de plomos y niveles

Como resultado de este complejo procedimiento, las paredes no presentan mechinales y sus caras se



Figura 11
La principal diferencia entre las tapias mexicanas y ecuatorianas se deriva de la dirección del desplazamiento de los tapiales (Foto F. Gómez)

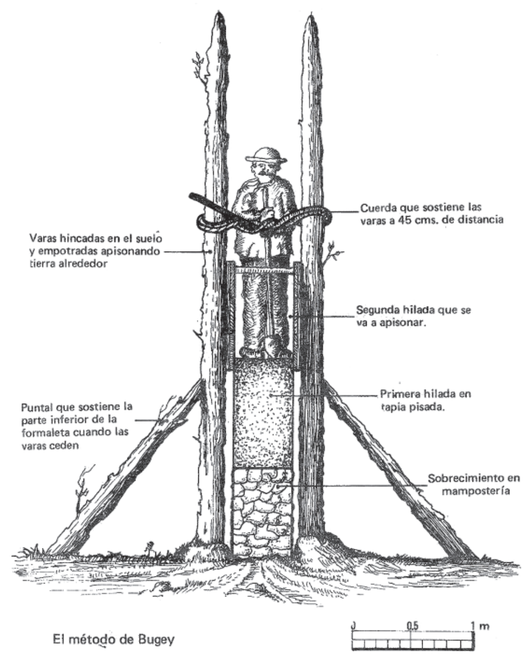


Figura 12
Diagrama esquemático en corte del sistema de apisonamiento adentro de una cimbra soportada en pies derechos (Doat et al. 1996, 33)

ven totalmente lisas con lo que asemejan una estructura de grandes bloques de piedra.

Adicionalmente a esta diferencia en la imagen entre las tapias de Loja y Tlaxcala, se evidencia un dimensionamiento y acomodo distinto de los bloques. En el primer caso, la modulación precisa de las tapias y su desplazamiento por hiladas, le dan un aspecto similar al de cualquier otra mampostería. La geometría de cada bloque cuya longitud suele corresponder al doble de su altura, le confiere gran estabilidad a los muros por tener una extensa superficie de contacto horizontal. Conjuntamente, se desarrolla un apropiado sistema de traslape o trabado, en el que las uniones entre las piezas superiores nunca coinciden con las inferiores.

En cambio el sistema de pies derechos y tablones que se desplazan verticalmente, da como resultado tapias con proporciones casi cuadradas o incluso a veces hasta más altas que largas (figura 11). Por otra parte, la condición fija de los postes no permite el adecuado desvío entre las juntas verticales de los bloques superiores e inferiores, los cuales suelen quedar casi coincidentes. Estos dos factores inciden en una potencial vulnerabilidad de los muros que tienden a presentar fallas por cortantes verticales, así como tendencias al volteo.

Sin embargo, es importante aclarar que pese a estas «fallas de origen», muros de tapia de 8 o 12 m de altura con al menos un siglo de existencia, se mantienen sin fallas estructurales derivadas de los múltiples sismos que se han presentado en este lapso de tiempo (figura 13).

Conclusiones

La conservación del patrimonio construido con tierra en Hispanoamérica se encuentra en un punto crucial. Por una parte se hacen esfuerzos por preservar destacados sitios históricos en los que se manifiesta la sa-



Figura 13
La antigua hacienda de Ixtafiayuca, Tlaxcala, sigue en uso desde el siglo XIX (Foto L. Guerrero)

biduría de las sociedades nativas. Pero por otro lado, muchas comunidades herederas de esta cultura constructiva tratan de olvidarse de ella al no conferirle valores patrimoniales.

México y Ecuador comparten esta disyuntiva, asociada en gran medida con la migración de los pobladores rurales tanto a zonas urbanas como a otros países en busca de trabajo. Esta fractura de la estructura social, modifica los modos de vida tradicionales y la organización comunitaria. Así, la influencia de valores e imaginarios culturales ajenos, incide en la búsqueda de esquemas constructivos de una modernidad idealizada que lamentablemente se funda en la pérdida de lo propio.

Estos procesos afectan de manera irreversible tanto a los bienes inmuebles como al patrimonio intangible constituido por una cultura constructiva ancestral que está a punto de perderse.

La arquitectura de tapia en Hispanoamérica es una herencia cultural que encierra la experiencia de saberes constructivos que fueron adaptados de manera plenamente sostenible a condiciones geográficas muy distintas a las de su lugar de origen.

Por estos motivos adquiere relevancia el desarrollo de investigaciones que permitan ampliar la perspectiva de los fenómenos, a fin de verlos como parte de situaciones de amplio espectro, con lo que se podrán aquilatar mejor sus valores. Al poner en evidencia las cualidades económicas y ecológicas de un legado edilicio como las obras de tapia, no como una peculiaridad local sino como una cultura constructiva de escala continental, será posible defenderla con mejores argumentos.

Además, se podrán identificar ventajas comparativas que permitan corregir deficiencias o alteraciones en los procesos constructivos, tratando de mantener el equilibrio de las adecuaciones realizadas con los contextos naturales y culturales locales.

Si los habitantes reconocen los valores patrimoniales de su cultura constructiva, y se benefician de su aprovechamiento, paulatinamente irán dando su mejor esfuerzo por conservarlo y estarán en posibilidad de generar obras nuevas que recuperen sistemas edilicios que han probado su eficacia durante milenios (ver figura 14).

Pero estos procesos necesariamente parten de la valoración de las tradiciones, las cuales son depositarias del correcto funcionamiento del sistema en cada localidad. Como sucede con todo procedimiento de origen vernáculo, su trascendencia formaba parte de la vida cotidiana de las sociedades, las cuales conocían la materia prima, las fechas propicias para su transformación, la fabricación de las herramientas y los medios de organización del trabajo.

La puesta en valor de las culturas constructivas ancestrales como la tapia permitirá generar soluciones de conservación y restauración patrimonial, así como propuestas arquitectónicas que eleven la calidad de vida de la sociedad, bajo la óptica del desarrollo sostenible.



Figura 14
Viviendas tradicionales en Taquil, provincia de Loja (Foto L. Guerrero)

Lista de referencias

Doat, P.; A. Hays; H. Houben; S. Matuk y F. Vitoux. 1996. *Construir con tierra*, Tomo I. Bogotá: CRAterre-Fondo Rotatorio Editorial.

Ger y Lobez, F. 1898. *Tratado de construcción civil*. Badajoz: La Minerva Extremeña.

Guerrero, L. 2007. «Arquitectura de tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva». *Revista Apuntes*, (20) 2: 182-201.

Guerrero, L. 2011. «Pasado y porvenir de la arquitectura de tapia». *Bitácora Arquitectura*, 22: 6-13.

Guerrero, L. 2013. Vivienda vernácula en Tlaxcala, México. En *Arquitectura vernácula iberoamericana*, editado por G. Viñuales, 16-31. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide.

Guerrero, L. 2014. «Tradición constructiva con tapial en las faldas orientales del Iztaccíhuatl». *Palapa*, II (1) 15: 68-81.

Jamieson, R. W. 2003, *De Tomebamba a Cuenca*. Quito: Abya-Yala.

Marcos y Bausá, R. 1879. *Manual del albañil*. Madrid: Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada.

Medellín, A. 1951. *Exploración de la Villa Rica de la Veracruz*. Informe del Proyecto de Investigación de Quiahuiztlan. Archivos Técnicos del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Villanueva, J. 1827. *Arte de albañilería*. Madrid: Impresor Don Francisco Martínez Dávila.

Arquitectura sacra colonial en el Vale do Paraíba: estudio morfológico de las adaptaciones

George Rembrandt Gutlich
Benedito Assagra Ribas de Mello

A região estudada e seu objeto específico, as igrejas e capelas dos séculos XVII e XVIII, oferecem desdobramentos das tipologias construtivas religiosas lusitanas em condições muito peculiares, o que implica na constatação dos resultados de adaptação aos materiais e às condições locais.

O Vale do Rio Paraíba do Sul se configura numa calha formada pelo paralelo entre as Serras do Mar e da Mantiqueira e por uma condução hídrica que empresta seu nome à região. O desenho das atividades coloniais no interior paulista se fez paralelamente à faixa litorânea pela necessidade de suprimentos e comunicação com a metrópole, surgindo daí núcleos importantes ao longo dos trajetos consolidados. A ocupação forjou-se a partir de políticas de exploração aurífera e aprisionamento de índios desde o século XVI.

As vicissitudes advindas de uma região muito próxima à costa, porém isolada pelo relevo, dos contatos mais diretos com as informações de além-mar, somada ao desconhecimento de jazidas de pedras nos primeiros tempos de ocupação, constituíram grande motivo pelo qual se desenvolveu uma forte necessidade de adaptação de materiais e sistemas construtivos.

A demarcação dos caminhos como redes de comunicação e difusão dos saberes aponta a divisão da região estudada em duas situações muito características: o Vale Paulista, porção administrativa da província de São Paulo, e o Fluminense, pertencente à administração da província do Rio de Janeiro. Agrega-se a esta leitura a região do alto do rio Tietê, em específico a antiga Vila de Mogi das Cruzes, que apesar de não constituir parte geográfica do Vale do Paraíba, participa de uma ligação cultural, o que acabou delineando dois contextos distintos: um geográfico e outro cultural.

Na cartografia setecentista (figura 1) constata-se o delineamento de dois caminhos: a conexão entre a região hídrica a qual pertence o Rio Tietê e o grande tributário do Rio Paraíba do Sul, o Paraibuna e, consequentemente, uma constituição de redes de comunicação, além da rota do ouro que cruzava o Vale na Vila de Taubaté, na época local de fundição do metal que seria destinado ao porto de Paraty e então encaminhado ao Rio de Janeiro e à metrópole.

A disseminação da *urbis* colonial lusitana se operava por estratégias de domínio e administração territorial que se valiam da economia na dinâmica dos caminhos. Na porção paulista do vale do rio Paraíba o trajeto está pontuado por uma cadencia regular no intervalo entre as povoações, distando aproximadamente vinte quilômetros dentre uma e outra. Esta disposição corresponde ao projeto de ocupação que delimitava as funções da presença colonial em prol de interesses de domínio do vasto território.

A «semeação» das aldeias e vilas correspondia às demarcações de redes de comunicação e a oferecer descanso e provisão às viagens correspondentes ao percurso de um dia. A regularidade da distancia ainda previa a eventual necessidade de busca de reforços em acaso de litígio com grupos indígenas. Diante



Figura 1
Fragmento da carta corográfica da Capitania de S. Paulo, 1766. (Arquivo do Estado, São Paulo/SP. Setor iconográfico, mapa 08.02.04)

de tal delimitação as ordens religiosas, incumbidas da catequização e civilização, dividiam o território por áreas de influência.

A antiga presença indígena em toda a bacia hidrográfica do rio Paraíba, em específico a do tronco linguístico guarani, coincide às escolhas dos assentamentos coloniais, além de implicar um domínio de técnicas de construção com madeiras e cobertura de folhagens, na prática da agricultura, além de intensa atividade cerâmica, diferenciando os ocupantes do alto da serra da Mantiqueira, coletores caçadores e nômades e, por outro lado, dos pescadores do litoral próximo. A qualidade espacial dos assentamentos era definida pela escolha do terreno sempre intermediário entre os aclives acentuados e inconstante várzea do Rio Paraíba do Sul. As características de agenciamento das habitações, ou ocas, se orientavam pela relação com a grande casa, ou *Oca guaçú*, e em disposição sempre circular.

A presença indígena implicou em miscigenação do saberes, como atesta a língua geral falada na província de São Paulo colonial, conhecida também como *Ingatú*, uma mistura de guarani com português, mas também as práticas arquitetônicas entre os séculos XVII e XVIII se definem em razão de incorporações de domínios técnicos. A consolidação dos assentamentos se dava por intermédio de missões religiosas, que se valiam das técnicas indígenas presentes, agregando à disposição das aldeias à lógica e a moral cristã, mas adequando, de imediato a grande oca às funções de igreja.

A divisão das áreas de atuação entre Jesuítas, Franciscanos e Carmelitas no Vale se consolidou entre os Séculos XVII e XVIII, quando a região se mostrava um importante eixo e palco de diversos assentamentos de colonos e reduções indígenas. Para ilustrar este momento foram escolhidos exemplos de primeira ordem das manifestações arquitetônicas religiosas coloniais no Vale do Rio Paraíba do Sul: o conjunto carmelita e a Capela de Santo Ângelo, em Mogi das Cruzes; a igreja jesuítica de Nossa Senhora da Escada, na freguesia de mesmo nome; a capela de Nossa Senhora dos Remédios, em Jacareí; o convento franciscano de Santa Clara e a capela de Nossa Senhora do Pilar, em Taubaté.

O encontro entre bandeirismo e incursões missioneiras jesuíticas, apesar do antagonismo entre os propósitos, pela confluência no uso das trilhas de ocupação do então chamado de «sertão» paulista, acabou por delinear as rotas como elementos amalgamadores de conjuntos de expressões cultural. O bandeirante por si representava o resultado da miscigenação entre o explorador português e o nativo, falava a língua geral e se locomovia no território com familiaridade e adaptava-se com maior facilidade às vicissitudes do clima que o europeu nativo, este homem corresponde na prática ao elemento de composição desta adaptação de hábitos, dentre eles o das edificações. Os jesuítas, por sua vez, perceberam a vital importância de se apropriar dos saberes indígenas para uma efetiva aproximação espiritual, como corrobora a gramática do tupi elaborada em primórdios do contato de catequização.

A Introdução da técnica e sua disseminação

O primeiro edifício em taipa de pilão se deve à contribuição jesuítica em pelo planalto paulista, pela mão do padre Afonso Braz. O conjunto iniciado em 1554 contou logo em 1556 com dois edifícios, uma igreja e um colégio. Desta obra apenas um muro original permaneceu como documento desta experiência matricial no Brasil, por onde se confere o sistema de formas para a massa de terra e de pontos de apoio para (figura 2) que funcionavam como guias para os encaixes das peças de terra prensada.

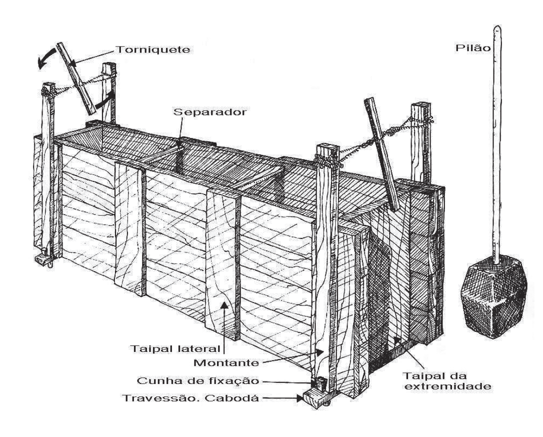


Figura 2
Esquema básico de taipal e pilão (Bardou 1981, 19)

A taipa de pilão, técnica que orientou a forma de adaptação dos modelos portugueses no sertão brasileiro, consiste numa variação das mais elaboradas das arquiteturas em terra e exigiu, além da habilidade em identificação de solos, a presença de artífices da madeira para a confecção de moldes ou taipais, pois:

> a parede de taipa é conseguida comprimindo-se a terra dentro de formas de madeira. A fôrma de madeira, ou taipal, é constituída de duas grandes pranchas compostas de tábuas emendadas no topo, que se mantém em pé e afastadas entre si graças a sistemas variáveis no tempo e no espaço, em que são empregados pontaletes, travessas, escoras, etc. (Costa e Lemos 1972, 437).

Há particularidades na prática paulista em comparação aos procedimentos adotados pelos jesuítas nas missões paraguaias que usavam esteios inteiriços onde se colocavam as pranchas, já o método paulista era desmontável, num processo de agregação das partes de uma parede, orientados pelas aberturas dos cabodás: «a técnica que herdamos usa taipais desmontáveis e deslocáveis ao longo das paredes das obras» (Costa e Lemos 1972, 437).

A espessura das paredes variavam segundo a intuição do fabriqueiro, de 0,60m a 1,50m. Em geral há um dimensionamento da base em relação à carga da estrutura do telhado a ser suportado, consideranso ainda o estreitamanto da planta baixa em direção ao topo, compreendendo uma acomodação física da terra compactada.

As condições climáticas de grande umidade, orientaram para soluções originais, distintas das ocorridas em situação de clima seco, para a conservação das paredes de terra frente à inclemência das monções. «E daí, também, a justificativa para os grandes cachorros dos beirais, que satisfatoriamente desviavam as águas pluviais» (Costa e Lemos 1972, 438).

A conservação das superfícies dependia também da proteção das camadas de revestimento, no mínimo três. A primeira camada era composta pela mesma terra da taipa adicionada de esterco animal e areia, sendo a segunda adicionada de mais areia; a última requer a cal em sua composição. Nas paredes externas ainda se registra a aplicação de telhas de barro cozido, ou cacos cerâmicos, depois cobertos de reboco.

A partir do conjunto jesuítico da sede da Capitania de São Paulo registra-se a disseminação desta prática pela colônia. Entre os séculos XVI e XIX há uma hegemonia da taipa que se expande pelo vale do Paraíba do Sul até o limite fluminense e pelo território das Minas Gerais, onde se verificam soluções de combinações de materiais, como madeira e pedras.

Se a taipa de pilão foi de domínio inicial jesuítico, rapidamente este se disseminou nas ordens religiosas que dividiam as tarefas eclesiásticas no Brasil colônia, como a Franciscana e Carmelita, mas foi, sobretudo pela mão do bandeirante que a técnica avançou sertão adentro, como atestam as casas remanescentes de Cotia e São Roque, ambas do século XVII.

Uma *rota da Taipa de pilão* se desenvolve a partir de um epicentro de formação que foi a vila de São Paulo do Piratininga, pela região Mogiana em direção ao Vale do Rio Paraíba, configurando a ligação entre a capital da província e os portos de Paraty e da atual cidade do Rio de Janeiro.

A abordagem dos exemplos arquitetônicos se opera a partir de uma lógica do trajeto, da origem da taipa em direção aos portos, pelo Vale do Paraíba, pontuando localidades como Mogi das Cruzes, Freguesia de Nossa Senhora da Escada, Jacareí e Taubaté (figura 1), por onde o planalto do Piratininga se liga à província do Rio de Janeiro. Tipologias de edificações laicas e religiosas, programas e ordens distintas, compartilhavam procedimentos técnicos e formais semelhantes, por uma transmissão das técnicas construtivas e pelos próprios condicionantes dos materiais locais, que se estendia até o cruzamento de camin-

hos, na vila de Taubaté, onde as rotas para as minas de ouro e os caminhos dos portos de Parati e Rio de Janeiro se dividiam, configurando caminhos distintos e exemplares singulares na rota da taipa.

Modelos e condições locais

Germaine Bazin destaca o modelo da Igreja jesuítica de São Roque de Lisboa na disseminação de um gosto formal, pelo exterior simples, longe das curvas e excessos, guardando um interior requintado, recurso este que visava tanto a busca de uma austeridade no desenho geométrico rigoroso das fachadas quanto enaltecer o potencial de efeitos do interior, compondo, desta forma, uma descoberta do interior, requintado pelo evidente contraste com o exterior singelo. (Bazin 1956).

A eliminação das alas laterais, dos deambulatórios e o encurtamento da capela-mor, para a aproximação dos fiéis em relação aos padres, reforçaram também a presença das capelas laterais. Ao mesmo tempo, a redução da profundidade da capela-mor ressaltou a atenção dos fiéis para o altar principal. Tais soluções compõem a imagem da igreja como um grande salão, um amplo espaço de devoção, mas também festivo.

A prática da catequização e do ensino também introduziu nas igrejas da Companhia o elemento do colégio, anexo ao corpo dos templos, prática presente em São Roque de Lisboa e disseminado nos congêneres brasileiros.

A presença jesuítica em território colonial, desde os primórdios da ocupação até a expulsão indica a primazia em relação às outras ordens religiosas:

> Estavam os padres da S.J. em toda parte; moviam-se de um extremo para outro do vasto território colonial; estabeleciam permanente contato com entre focos esporádicos de colonização, através da língua-geral, entre vários grupos aborígines. Sua mobilidade, como a dos paulistas, se por um lado chegou a ser perigosamente dispersiva, por outro foi salutar e construtora. (Freyre 1933, 65).

A experiência paulista, por meios pitorescos, precede a arquitetura chã portuguesa e mesmo o *Modo Nostro: Assistentia Lusitanae*, modelo formal implantado pela Congregação Geral em 1565. Tanto as características da arquitetura eclesiástica definida como chã, ou básica (Kubler 1988), quanto o Modo Nostro, indicavam para a simplicidade, funcionalidade e despojamento de ornamentos no aspecto externo. (Tirapelli 2013).

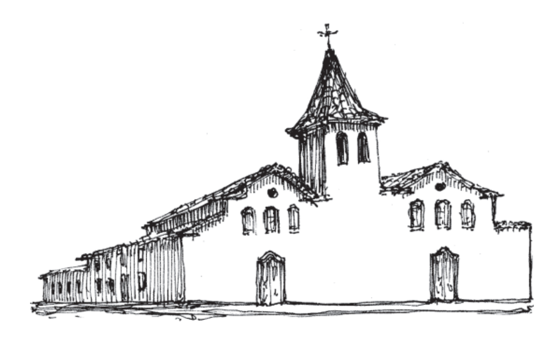
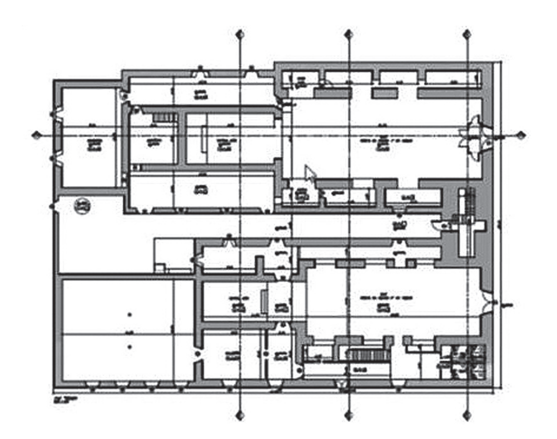


Figura 3
Estado atual do conjunto do Carmo (Desenho dos autores 2015)

O modelo Franciscano, composto por fachada austera com pórtico em arcada à galilé com *nártex* reentrante, sobreposta por janelas de tribuna, no Brasil seguiu, à exceção do conjunto de Salvador, a premissa jesuítica de nave única. A sobreposição do nártex pelo coro ainda compõe uma característica inalienável nos templos coloniais.

A diferença principal do modelo franciscano em relação ao da Companhia de Jesus se revela na apropriação do espaço externo da igreja, do cruzeiro no átrio, por onde parte dos ofícios se realizava pelo contorno da cruz. A liturgia da ordem franciscana delineava uma maneira singular de uso dos espaços interno e externo.

A arquitetura carmelita no Brasil se desenvolveu em correspondência ao modelo jesuíta enquanto espaço interno, mas a implantação obedece ao princípio de recolhimento e isolamento e, por este motivo, não se liga diretamente às atividades urbanas. A construção das ordens regulares seguiam orientadas pelas premissas estabelecidas por Santa Tereza D'Ávila aos edifícios conventuais, com primazia dedicada à *Firmitas* em detrimento ao *utilitas* e ao *vesnustas* vitruvianos. O princípio de resistência, por uma equivalência ética entre religião e engenho da construção, deveria sobrepujar a utilidade e a beleza. A firmeza, ou resistência do edifício, premissa desta arquitetura, correspondia a princípios de austeridade do espírito da ordem.



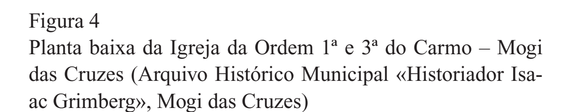


Figura 4
Planta baixa da Igreja da Ordem 1ª e 3ª do Carmo – Mogi das Cruzes (Arquivo Histórico Municipal «Historiador Isaac Grimberg», Mogi das Cruzes)



Figura 5
Capela de Santo Ângelo, Mogi das Cruzes. (Desenho dos autores 2015)

O conjunto carmelita da então Vila de Santa Ana das Cruzes compõe-se pelas igrejas da Ordem Primeira e Terceira, edificadas em seu maior volume em taipa de pilão, configurando o mais importante testemunho da arquitetura colonial em São Paulo, tanto pela integridade do conjunto, quanto pela decoração interna. Por razões ligadas às práticas de inserção da ordem carmelita na sociedade a edificação se estabeleceu na malha urbana numa área que conferia certo distanciamento da vida citadina.

O conjunto se define por uma grande fachada composta por edifícios contíguos que compartilham a mesma torre de campanário, com uma interligação dos blocos por um corredor.

Na segunda metade do século XVIII a Igreja da Ordem Terceira veio a substituir uma primitiva construção, com uma solução de planta com transepto definido por dois altares laterais. Há duas portas de cada lado do transepto, uma por onde se acessa o púlpito e outra por onde se acessa um corredor lateral.

A igreja da ordem primeira se separa no conjunto por uma torre sineira, e apresenta o mesmo partido formal, porém com profundidade reduzida. Tal situação propõe uma leitura da avantajada inserção simbólica da ordem terceira em relação à primeira.

A presença da taipa de pilão é destacada na afirmação volumétrica dominada pela simplicidade das formas. Ainda se registra a presença de divisórias internas em taipa de mão na igreja da ordem primeira. A estrutura autoportante se afirma como prerrogativa da massa compositiva, a exemplo da espessura de dois metros das paredes da torre sineira, ratificando a *firmitas* enfatizada nas edificações dos conventos congêneres (Bazin 1975). Em ambos os casos a profundidade da capela-mor diferencia a construção da planta jesuítica onde o altar-mor se destaca (figura 4).

A capela de Santo Ângelo, de 1738, tem ligação formal direta com a capela de São Miguel paulista, do século XVII, ilustrada pela presença rara do alpendre frontal, elemento que a aproxima também das soluções das casas bandeiristas, onde o edifício coberto por um jogo de telhados abre uma reentrância para a presença de um alpendre. O frontão triangular com óculo sobreposto sobre a cobertura frontal ainda marca a diferença sobre o uso laico.

O arco do cruzeiro estabelece uma divisão imediata da nave e circunscreve o altar como um nicho na parede, numa aproximação em grandes proporções aos altares embutidos das casas bandeiristas, uma articulação característica das espessas empenas de taipa de pilão.

De construção elaborada em taipa de pilão para estrutura e pau a pique para as divisórias, a função mista de capela e alojamento torna este conjunto peculiar na arquitetura religiosa do século XVIII. Com destaque a presença de um sistema de alojamento de festeiros e ainda espaço para guardar animais. A volumetria da capela de predominância horizontal, mesmo acrescida de elementos diversos como a torre sineira do século XX, conta ainda com integridade compositiva orientada pelo núcleo original (figura 6).

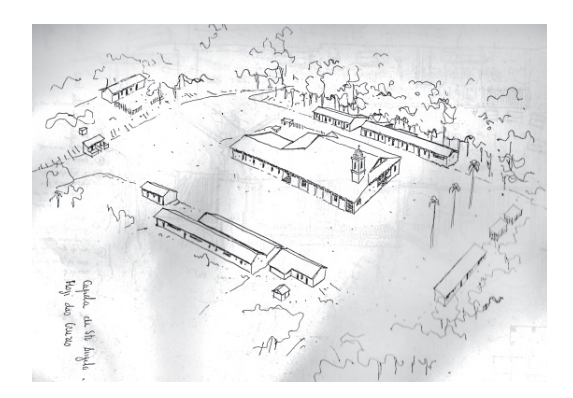


Figura 6
Capela de Santo Ângelo. Desenho de Antonio Luiz Dias de Andrade. (Andrade 1984, 69)



Figura 7
Igreja de Nossa Senhora da Escada: Registros gráficos da composição. Desenho de Percival Tirapelli. (Tirapelli 2015, 149)

O conjunto jesuítico composto por Residência e Igreja de Nossa Senhora da Escada foi construído em 1652, num primitivo aldeamento às margens do Rio Paraíba do Sul e constitui o mais significativo testemunho da C. J. na região. Trabalhos de restauro realizados entre 1945 e 1957 procuraram devolver ao conjunto seu aspecto mais primitivo, por onde se corrigiram os acréscimos que, pelo partido de recuperação, comprometia a integridade da leitura, como foi o caso da torre e dos encamisamentos de tijolos sobre a taipa.

O conjunto testemunha o uso consolidado da taipa de pilão para as paredes de sustentação e taipa de mão para as divisões internas, o que confere caráter rigoroso ao desenho do edifício, com uma cadencia de aberturas e a otimização da estrutura de telhado com cachorros acentuados. A disposição da planta da igreja segue o modelo retangular, com uma nave generosa, tendo à direita um corpo dedicado ao antigo colégio e residência. Todo o edifício se volta na sua parte posterior para um terreiro, ou claustro incompleto.

A tímida decoração revela traços da sucessão dos gostos e mostra em exemplos esparsos as heranças do rococó tardio, mas predominam os grandes planos lisos, não guardando a oposição persuasiva entre interior e exterior. Junto ao coro situam-se o sino e um diminuto óculo, testemunhando a economia de meios limitada pela arquitetura em terra.

A ermida de Nossa Senhora dos Remédios, erigida na segunda metade do século XVIII, lega o testemunho de uma construção urbana em pela área rural e ainda a permanência de práticas e formas advindas dos primeiros tempos de ocupação.

À exceção do aspecto curvilíneo do coro, o agenciamento, pela forma regida pela taipa de pilão, ainda reporta-se ao partido da arquitetura chã enunciado no conjunto jesuítico, o Pátio do Colégio em São Paulo, ainda no século XVI.

Como a taipa de pilão constitui o elemento original de construção, os acréscimos como a torre sineira em alvenaria de tijolos foram retirados pela restauração realizada no final da década de 1980, mantendo o partido de retorno ao aspecto original.

A volumetria apresenta o núcleo original de nave e capela mor em sistema de redução, ainda com a presença de acréscimo lateral com corredor e sacristia. Os montantes das esquadrias em madeira ratificam a ausência de elementos em pedra e mostram o uso racional das aberturas como das janelas do andar superior apoiados na estrutura do telhado acrescido.

Construção encomendada em 1725, e reedificada a partir de 1757, a capela dedicada à Nossa Senhora do Pilar apresenta um caso único na região, pela



Figura 8
Capela de Nossa Senhora dos Remédios em duas situações. (Desenhos dos autores 2015)



Figura 9
Capela de Nossa Senhora do Pilar. Aspecto atual. (Desenho dos autores 2015)

planta octogonal e nave composta por três altares. A disposição da planta da nave se reflete na fachada em forma de chanfro, também solução singular em seu contexto espacial. O forro em forma de gamela oitavada constitui um elemento de coesão formal da capela que atesta a intenção de se aproximar da grande arquitetura de seu tempo, ocorrida tanto no Rio de janeiro quanto nas prósperas cidades Mineiras do ciclo do Ouro.

Seguindo o exemplo do Conjunto do Carmo, da Igreja de Nossa Senhora da Escada e da Capela de Nossa Senhora dos Remédios, esta capela compõe um grupo de ações e restauro pelo princípio de retorno às configurações originais dos edifícios, por intervenções realizadas entre 1944 e 2015, mas manteve seu aspecto volumétrico praticamente inalterado.

O Convento de Santa Clara, fundado em 1673, segue o modelo da Igreja de Santo Antônio, no Rio de Janeiro, local de onde eram egressos os frades fundadores. Após sucessivas alterações, como o grande incêndio de 1842, restaram apenas as paredes externas, em taipa de pilão, como resíduo original.

O plano geral do convento é do partido franciscano dos séculos 17 e 18 (figura 10). Na fachada destaca-se uma torre sineira semelhante às das Igrejas de São Francisco, na cidade de São Paulo e de Santo Antônio, no Rio de Janeiro, além da presença da rosácea em substituição ao óculo original, bem como o alteamento da cobertura. No entanto, o desenho da nave e da capela mor ainda registra o agenciamento original elaborado em taipa de pilão.

A portada, com a sequência de arcos em galilé abrigando um nártex reentrante, apresenta uma característica única na região estudada, dada pela rara presença da pedra em cantaria delineando os batentes, além do adro com o cruzeiro, também em pedra, estendendo-se em frente à igreja e obedecendo ao programa original da ordem, associando pela liturgia, os aspectos interno e externo do edifício.



Figura 10
Convento de Santa Clara fachada da igreja. (Desenho dos autores 2015)

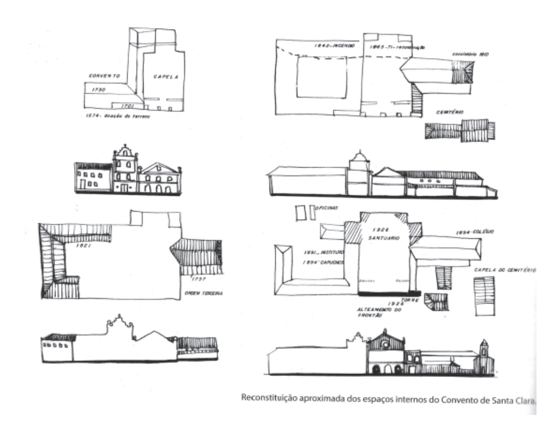


Figura 11
Convento de Santa Clara. Estudos de volumetria e evolução da planta. Desenhos de Percival Tirapelli. (Tirapelli 2015, 160)

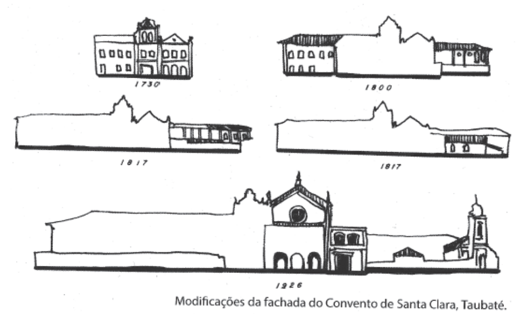


Figura 12
Convento de Santa Clara. Evolução da fachada. Desenhos de Percival Tirapelli. (Tirapelli 2015, 161)

Comparação formal

A disseminação por todo Brasil da tipologia espacial de nave única com corredor lateral e coro sobre a entrada foi produto da obra dos jesuítas que, por suas características estavam em grandes centros urbanos quanto em aldeamentos em sertão adentro. Atesta esta disseminação o uso deste agenciamento por outras ordens religiosas, e não apenas nesta área de estudo.

Numa análise, do ponto de vista comparativo da volumetria dos edifícios, observa-se de imediato que a capela de Santo Ângelo difere das demais pela horizontalidade acentuada de seu volume, muito mais próximo da volumetria usual das casas ditas bandeiristas, caracterizada pela presença do alpendre central reentrante e dos dois volumes laterais simétricos; lembrando que a torre sineira que confere certa verticalidade ao conjunto foi acréscimo posterior, datando da segunda metade do século xx. Porém, a disposição interna da nave com capela mor e corredor lateral se faz presente, obedecendo, portanto ao programa recorrente do espaço de culto. O conjunto foi acrescido no século xx de dependências pertinentes ao uso festivo do edifício e seu entorno.

A capela do Pilar difere das demais pesquisadas por não apresentar corredor lateral junto à nave e, ainda, um destaque para a fachada chanfrada. No interior, o rebatimento do chanfro nos dois altares laterais ao arco cruzeiro confere ao espaço característica elíptica de intenção rococó e resultado do gosto produzido pelos já enunciados cruzamentos dos caminhos e das influencias do então *barroco mineiro*, uma arquitetura concebida no isolamento e sem a influência das ordens regulares, justificando, portanto a não hegemonia da planta de corredor lateral, difundida no resto do país. Os chanfros da fachada apresentam a mesma solução da arquiconfraria de São Francisco em Mariana, e Nossa Senhora do Ó, em Sabará, reforçando a influencia da arquitetura mineira sobre sua concepção volumétrica, embora difira destas duas por serem estas construídas em taipa de mão e o exemplo taubateano em taipa de pilão.

Apesar de sua descaracterização dada no decorrer da transição do século XIX para o XX o conjunto franciscano de Taubaté mantém ainda fortes características de sua composição original, como o volume do convento, a torre sineira e portaria e arcos à galilé, bem como a manutenção do cruzeiro fronteiriço, embora em local não original. Sua implantação e construção foram influenciadas pelo exemplo do convento de Santo Antônio do Rio de Janeiro. Ressalta-se aqui a originalidade e a raridade do uso da pedra em cantaria presente na portada, nos arcos da galilé e no cruzeiro, denotando o grande arrojo à sua época, posto que, como já enunciado, a pedra era um material raro no quadro da arquitetura do interior paulista.

O frontispício da Capela de Nossa Senhora dos Remédios, em Jacareí, guarda semelhança com as igrejas carmelitas, embora em menor dimensão,

com soluções originadas na plasticidade do material, nos batentes faceando a parede e na composição de cheios e vazios. A distância temporal que separa o fabrico das duas situações atesta a homogeneidade formal imposta pela taipa de pilão, pela volumetria austera e aparentemente rígida do material construtivo.

A racionalização das aberturas em relação à estrutura dos telhados e a busca por sobreposições regulares, também presentes no conjunto jesuítico da Escada, evidencia a primazia da técnica sobre as formas, aproximando as construções estudadas da então Arquitetura Chã. Por motivos de economia construtiva tais aspectos austeros revelaram-se anteriores na Província de São Paulo e constituiu uma linguagem homogênea por todo o vale do Paraíba paulista, só alterando-se em função do cruzamento de caminhos, corroborando a ideia das rotas como condutoras do gosto.

De todas as igrejas e capelas estudadas, as únicas não restauradas, ou não recuperadas segundos os critérios oficiais, a capela do Santo Ângelo e o Convento de Santa Clara, apesar da aparente incongruência das sobreposições realizadas durante os séculos de existência, figuram atualmente como testemunhos vívidos da história dos espaços religiosos, como sobreposições de fazeres, mas obrigando ao olhar uma especulação arqueológica sobre o palimpsesto da matéria arquitetônica.

Lista de Referencias

2015. *Arquitetura e urbanismo no Vale do Paraíba, do colonial ao eclético*. São Paulo: Unesp e SESC.

Andrade, Antonio Luiz Dias de. 1984. *Vale do Paraíba, sistemas construtivos*. Dissertação de mestrado. São Paulo: FAU-USP.

Bardou, Patrick e Arzoumanian, Varoujan. 1981. *Arquitecturas de adobe.* Barcelona: Gustavo Gili.

Bazin, Germaine.1975. *A arquitetura religiosa barroca no Brasil*. São Paulo: Record.

Bury, John. 2006. *Arquitetura e arte colonial no Brasil*. Brasília: IPHAN, 2006.

Campos, Jurandyr Ferraz de. *2004. Suma Histórica da Venerável Ordem Terceira do Carmos de Mogi.* Mogi das Cruzes: Murc Editora Gráfica.

Corona, Eduardo e Lemos, Carlos. 1972. *Dicionário da arquitetura brasileira*. São Paulo: EDART.

Freyre, Gilberto. 1933. *Casa Grande & Senzala.* São Paulo: José Olympio Editora.

Grimberg, Isaac.1961. *História de Mogi das Cruzes.*São Paulo: Editora Saraiva.

Kubler, George. 1988. *A Arquitectura Portuguesa Chã. Entre as Especiarias e os Diamantes: 1521 - 1706*. Lisboa: Editorial Vega.

Martins, F. S.1994. *A arquitectura dos primeiros colégios jesuítas de Portugal; 1542-1759.* Cronologia-Artistas--Espaços. Porto: Faculdade de Letras.

Tirapelli, Percival.2013. «Arquitetura jesuítica: do modo nostro europeu as adaptações coloniais». *1º Congresso internacional de história da construção luso-brasileira*. Vitória: UFE.

La colaboración de Fernando García Mercadal y Carlos Fernández Casado en el Hospital de Zaragoza 1947-1955

Rafael Hernando de la Cuerda
Ana Rodríguez García

La catástrofe intelectual que se produce con el fin de la guerra civil española, en los primeros años del franquismo, no solo acaba definitivamente con el Movimiento Moderno en arquitectura en España, sino que trunca el desarrollo intelectual y profesional de varias generaciones, anulando cualquier posibilidad de continuidad con el periodo anterior a 1936. Los profesionales que se quedan en España, sufren depuraciones e inhabilitaciones, algunas de por vida, con una contundencia tal que aniquila, incluso por supervivencia, cualquier posibilidad de continuidad de las ideas y en el caso de la arquitectura con el lenguaje moderno anterior.

Fernando García Mercadal (1896-1985), termina sus estudios de Arquitectura en la ETSAM siendo el número uno de su promoción en 1921. En 1923 obtiene el Premio de la Academia de Roma dotado con una beca de pensionado por cuatro años con 18 meses de estancia obligatoria en Roma. Viaja entre 1923 y 1927 por Italia, Austria, Grecia, Turquía, Francia, Bélgica, Holanda, Alemania e Inglaterra y realiza estudios universitarios en la Escuela Técnica Superior de Charlottemburgo en Berlín con Hans Poelzig y Hermann Jansen y en el Instituto de Urbanismo de la Sorbona en París. Participa desde su fundación en la revista Arquitectura, y se publican sus artículos desde el extranjero y sus teorías sobre «arquitectura mediterránea», en defensa de una plástica pura, limpia, horizontal, desornamentada y racionalista.

Construye en 1927 el Rincón de Goya en Zaragoza. Es un Museo-biblioteca-sala de conferencias y exposiciones con posibilidad de exponer en el interior y en el exterior. Conceptualmente es precursor de lo que después conoceremos como Casa de Cultura. Cuando vuelve a España, entre 1928 y 1932, organiza en la Sociedad de Cursos y Conferencias de la Residencia de Estudiantes un ciclo de Conferencias que imparten Le Corbusier, Erich Mendelsohn, Theo Van Doesburg, Walter Gropius y Sigfried Giedion, algunas de las cuales se repiten en Barcelona, Bilbao y San Sebastian. Facilita la comunicación entre arquitectos de Alemania, Francia y España, poniendo en contacto a Jansen y Zuazo para el concurso internacional de 1929 en Madrid, que será determinante para la ciudad.

Asiste a la reunión constituyente de los CIAM en La Sarraz y posteriores. Obtiene varios premios, y en 1932 la plaza por concurso de arquitecto jefe de la Oficina de Urbanismo, Parques y Jardines del Ayuntamiento de Madrid. También participa en la construcción de La Colonia Parque-Residencia en Madrid, donde se aborda una racionalización de sistemas y materiales de construcción para reducir costes y mejorar la calidad de la construcción, con rigor en el planteamiento estético, social y económico. Profesor Auxiliar de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid desde 1934.

Durante los años de la Guerra Civil Española permanece en Madrid y colabora en el Comité de Reforma, Reconstrucción y Saneamiento de Madrid. Cuando en 1939 se inicia la depuración política y social, a Mercadal se le impone inhabilitación temporal





Figura 1
Fotografía de Fernando García Mercadal en La Sarraz (Granell 2008)



Figura 2
Fotografía de Carlos Fernández Casado (Exposición en Real Academia de Bellas Artes de San Fernando 2007)

para el ejercicio de su profesión. Aunque en 1939 solicita el reingreso como profesor en la Escuela de arquitectura, no consigue volver a la Escuela. A partir de 1947 trabaja para el INP construyendo las residencias sanitarias de Calatayud, Guadalajara, Mieres, Teruel, Vitoria y Zaragoza y los ambulatorios de Caspe, Haro, Jaca, Lérida, Madrid, Mieres y Sama de Langreo. También trabaja para clientes privados.

Carlos Fernández Casado (1905-1988), acaba sus estudios de Ingeniero de Caminos en 1924 con 19 años. En 1931 conoce a D. Félix Huarte y en 1932 empieza a colaborar con la empresa Huarte y Cía. S.L., entonces Huarte y Malumbres S.L. en la facultad de Filosofía y Letras de la nueva Ciudad Universitaria de Madrid, proyecto del arquitecto Agustín Aguirre, y que dirigía por parte de la Ciudad Universitaria D. Eduardo Torroja. En julio de 1936 se encuentra en San Sebastián, se traslada a París y tomando partido por la legalidad republicana vuelve a Madrid donde pasa la guerra en una unidad militar dedicada a la construcción de refugios.

En la posguerra le incoaron un expediente y le depuraron. Esto suponía que no podía ser profesor ni funcionario, porque para ello se exigía «no tener ni la más leve tacha en relación con el movimiento triunfante» (VV.AA. 1997). Con el coraje y la generosidad de Félix Huarte a partir de 1940 se incorpora y trabaja como ingeniero único de la empresa Huarte y Cía. S.L. Se presentan a las obras ofreciendo un cambio de estructura para abaratarla y mejorarla: Con este sistema ganan muchas obras y la empresa crece muy rápidamente.

En 1945 ganan la obra del Estadio de Chamartín desarrollando la solución estructural de las tribunas.

Construyen también el Ministerio de Aire y en 1946 el edificio central del Instituto Nacional de Previsión en la calle Alcalá con una estructura con tres pisos de sótano y una profundidad de vaciado por término medio de 10 metros con respecto al nivel de la calle. En 1958 gracias a José Entrecanales profesor de la asignatura de Geotécnia y Cimientos y Puentes de Fábrica, Fernández Casado entra como profesor encargado de puentes en la Escuela de Caminos. En 1966 abre la oficina de proyectos Carlos Fernández Casado S.A.

En 1947 cuando se encarga el proyecto del Hospital de Zaragoza y aunque ambos se encuentran en una situación laboral especial, en el caso de Carlos Fernández Casado es menos acuciante ya que desde 1940 ha ido encauzando su nueva trayectoria profesional a través principalmente de la empresa Huarte. Para Fernando García Mercadal, sin embargo, significa el principio de una posibilidad laboral para poder continuar trabajando como arquitecto después de ocho años sin encargos.



Figura 3
Logo del Instituto Nacional de Previsión (INP 1946)

Las contrataciones del Instituto Nacional de Previsión

El Instituto Nacional de Previsión elabora un Plan Nacional de Instalaciones Sanitarias, aprobado el 19 de Enero de 1945 por Orden del Ministerio de Trabajo. Posteriormente por Orden del mismo Ministerio de 5 de Julio de 1945 se crea una Ponencia dentro del Consejo del Instituto Nacional de Previsión con el encargo de desarrollar y poner en práctica la ejecución de dicho Plan Nacional de Instalaciones Sanitarias. (INP 1946)

El Plan prevé la construcción de una amplia red de instalaciones sanitarias de nueva planta que abarca 86 residencias sanitarias de quinientas o cien camas cada una; 149 ambulatorios completos y 110 ambulatorios reducidos. Se proyecta levantar las residencias sanitarias en las capitales de provincia y núcleos de población importantes e instalar los ambulatorios principalmente en los núcleos rurales.

En marzo de 1946, la Caja Nacional del Seguro de Enfermedad del Instituto Nacional de Previsión convoca tres concursos de: anteproyectos de ambulatorio completo, anteproyectos de residencia sanitaria para 100 camas y anteproyectos de residencia sanitaria para 500 camas. En las bases del concurso se apuntan, a título orientativo, superficies, programas de necesidades, y se prescribe el hospital tipo monobloque, descartándose el de tipo pabellones. El Instituto se compromete a realizar una exposición durante ocho días naturales en Madrid de todos los trabajos presentados, quedando los anteproyectos premiados en exclusiva propiedad del Instituto Nacional de Previsión y con la posibilidad de utilizarlos a su conveniencia y prevé tres premios en cada uno de los concursos con gratificaciones en metálico.

El fallo se emite el día 14 de Noviembre de 1946 en la sede central del Instituto Nacional de Previsión. (INP 1947)

En el Concurso de anteproyectos de Ambulatorio Completo se declaran desiertos el primer y segundo premios, se adjudica el tercero al Concursante Ambrosio Arroyo Alonso y se conceden dos accésits con dotación económica a los Señores José Osuna Fajardo y Francisco Robles Jiménez.

En el Concurso de anteproyectos de Residencia Sanitaria para 100 camas se adjudica el primer premio a la propuesta de Manuel Martínez Chumillas y Luis Laorga, el segundo premio a Francisco Lucini

Bayod y el tercer premio a la propuesta de Alfonso Fungairiño Nebot y Juan Castañón de Mena.

En el Concurso de anteproyectos de Residencia Sanitaria para 500 camas se adjudica el primer premio a la propuesta de Aurelio Botella Enríquez y Sebastián Vilata Valls, el segundo premio a la propuesta de Fernando García Mercadal y Ramón Aníbal Álvarez y el tercer premio a Luis Cabrera Sánchez.

Se conceden, además, tres accésits con dotación económica a Vicente Figuerola Benavent, a la propuesta de José Marcide Odriazola y Rafael Aburto Renovales y a Antonio de la Vega Martínez.

La Exposición del Concurso se realiza con dieciséis anteproyectos en el Círculo de Bellas Artes de Madrid desde el 11 al 25 de Noviembre de 1946. Simultáneamente, se organiza un ciclo de tres conferencias.

1ª Conferencia. 11 Noviembre. «La evolución de las ideas para la construcción de hospitales.-El hospital en bloque» a cargo del arquitecto-jefe de la Sección de Plan de Instalaciones del Seguro de Enfermedad Juan Zavala Lafora.

En la conferencia que imparte defiende la organización de hospitales en tipo bloque y también que en un hospital moderno no hay construido de manera definitiva más que la estructura y las fachadas, y fijadas las líneas de circulación y emplazamiento de los servicios. No existen muros fijos de carga interiores, excepto los muros cortafuegos; el resto de la distribución puede variarse con facilidad.

Comenta también que en Concurso lo fundamental es lo que se refiere a la disposición y esquema de funcionamiento más que lo relativo al detalle de realización. (Zavala 1947)

2ª Conferencia. 18 Noviembre. «Los servicios médicos en ambulatorios y residencias sanitarias del Seguro de Enfermedad» a cargo del Subdirector-Médico de la Caja Nacional del Seguro de Enfermedad Miguel Lafont Lapidana.

3ª Conferencia. 25 Noviembre. «Problemas sanitarios del Seguro de Enfermedad» a cargo del Director de la Caja Nacional del Seguro de Enfermedad Sebastián Criado del Rey.

En marzo de 1947, el Instituto contrata por obra al ganador del primer premio en el concurso de anteproyectos para un hospital de 500 camas Aurelio Botella Enríquez, al ganador del segundo premio en el concurso de anteproyectos para un hospital de 500 camas Fernando García Mercadal y al ganador de un accésits Martín José Marcide y Odriozola, que se integran en la estructura del Instituto junto a Juan de Zavala, Garay y Álvarez de Sotomayor que continúan como técnicos de plantilla.

Los honorarios de los arquitectos contratados por obra convenidos con el INP eran el 50% de los fijados en la tarifa colegial. El Instituto aportaba su oficina de proyectos, con delineantes y medios materiales y las empresas constructoras concesionarias casi en exclusiva de las obras del INP aportaban habitualmente los planos de ejecución.

En la primera etapa del Plan se construyeron cuatro residencias de más de 500 camas, la de Barcelona con 764 camas según proyecto de Aurelio Botella Enríquez, la de Zaragoza con 596 camas según proyecto de Fernando García Mercadal, la de Bilbao con 583 camas según proyecto de Martín José Marcide y la de Sevilla con 575 camas según proyecto de Juan de Zavala.

La ejecución de las primeras 72 obras previstas para cinco años se adjudicaron casi en exclusiva a cuatro empresas constructoras: Agromán, S.A., Eguinoa Hermanos, Huarte y Cía S.L. y Ramón Beamonte. De estas residencias Huarte y Cía, S. L. es la empresa constructora de Zaragoza y Barcelona y Carlos Fernández Casado el ingeniero que las desarrolla por parte de la empresa.

Fernando García Mercadal continúa colaborando durante años con este sistema de contratación y en 1959 con varios hospitales y ambulatorios ya finalizados una comisión dirigida por Mercadal realiza un estudio de los ambulatorios construídos hasta ese momento y se analiza la variedad existente de soluciones en superficies, distribuciones, dotaciones y costes. Se elabora un programa tipo, un módulo constituido por la consulta y la zona de espera, y se marcan unas normas de tipificación y normalización en la construcción que favorece una construcción más homogénea y económica de los ambulatorios.

El Hospital de Zaragoza, 1947-55

Hospitales tipo bloque

El proyecto de la Residencia Sanitaria de Zaragoza se elabora a partir del encargo en 1947.

El hospital es de tipo bloque con estructura de hormigón armado. Aunque los primeros hospitales se referencian como modelo tipo avión, realmente este difiere de los hospitales de ese tipo ya que el de Zaragoza aprove-

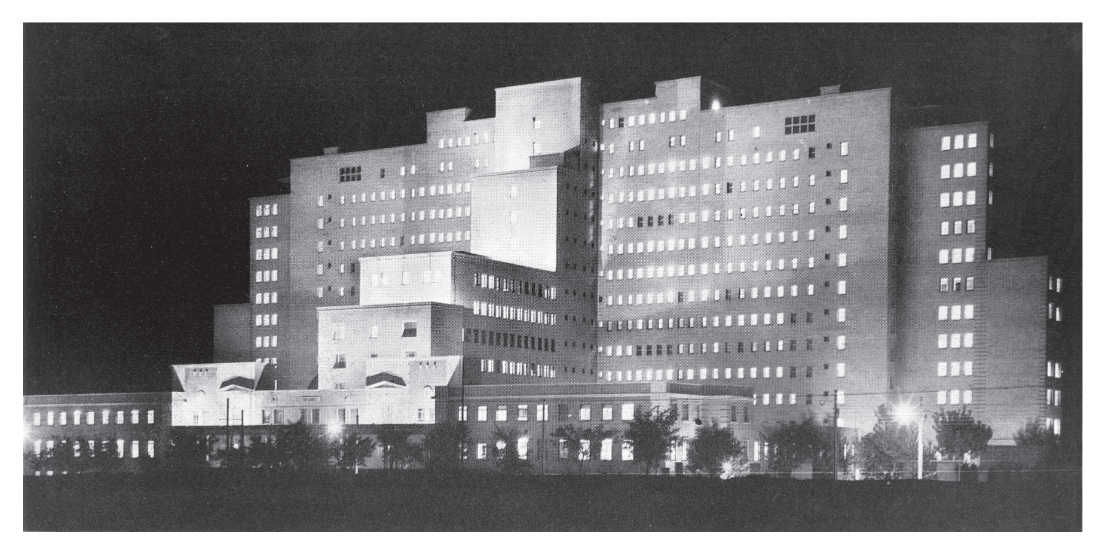


Figura 4
Fotografía de La Residencia Sanitaria de Zaragoza de noche desde la zona de acceso a nivel de calle (García Mercadal 1972)

chando las grandes diferencias de altura macla todos los elementos construidos en un sistema cerrado a diferencia de los de tipo avión en los que se organiza en alas que sobresalen. En este sentido esta solución está mucho más elaborada volumétricamente que los otras Residencias que se realizan en esta primera fase. No tienen el mismo modelo de organización.

Las obras comienzan en 1948 y la inauguración se realiza en 1955 con el nombre de Residencia Sanitaria José Antonio. El Instituto Nacional de Previsión edita una publicación con fotografías y comunicados de los dirigentes políticos del momento y de la persona a la que se le dedica el edificio. En esta publicación no se indica quien es el arquitecto que ha desarrollado el proyecto. En otras publicaciones similares de otros hospitales si se indican los nombres de los arquitectos que desarrolan los proyectos.

Esta publicación expone además información del edificio. (INP 1955) El solar tiene una superficie de 35.861 m^2 situado en la prolongación de la Gran Vía con una ocupación de 4.990 m^2 quedando realizado en la obra el ajardinamiento de la zona libre de la parcela.



Figura 5
Fotografía de La Residencia Sanitaria de Zaragoza con la zona ajardinada de la parcela (García Mercadal 1972)



Figura 6
Fotografía de la vista desde el Cabezo Buenavista del Hospital Miguel Servet y la Feria de Muestras (Archivo Municipal de Zaragoza)

El total de superficie edificada es 33.725 m^2, con 16 plantas en la zona más elevada con una escalera central, dos escaleras laterales y nueve elevadores con diferentes usos.

En la zona posterior longitudinal del edificio y de mayor altura están organizadas en dos grupos con cincuenta camas totales por planta todas las habitaciones orientadas al Este y al parque, con 1, 2, 4 y 6 camas, con aseos y lavabos en cada una de ellas. Entre los dos grupos de veinticinco camas de hombres y veinticinco camas de mujeres, se encuentra el solárium natural, la sala de estar, el comedor, la sala de reconocimiento y curas y el puesto de trabajo y vigilancia de enfermeras en cada ala.

Las plantas superiores 12 y 13 están destinadas para residencia de enfermeras, comunidad y residencia de médicos.



Figura 7
Fotografía de La Residencia Sanitaria de Zaragoza en construcción en la vista desde el parque (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

El Hospital de Zaragoza, 1948-54. Organización estructural

Carlos Fernández Casado seguía un método de trabajo muy valido que utilizó durante toda su vida. Cuando tenía que estudiar un tema a fondo escribía un libro sobre él.

En esta etapa, en 1948 escribió el libro Estructuras de Edificios, publicado en Madrid en la Editorial Dossat, S. A. y permite entender sus intereses y planteamientos en la construcción de edificios.

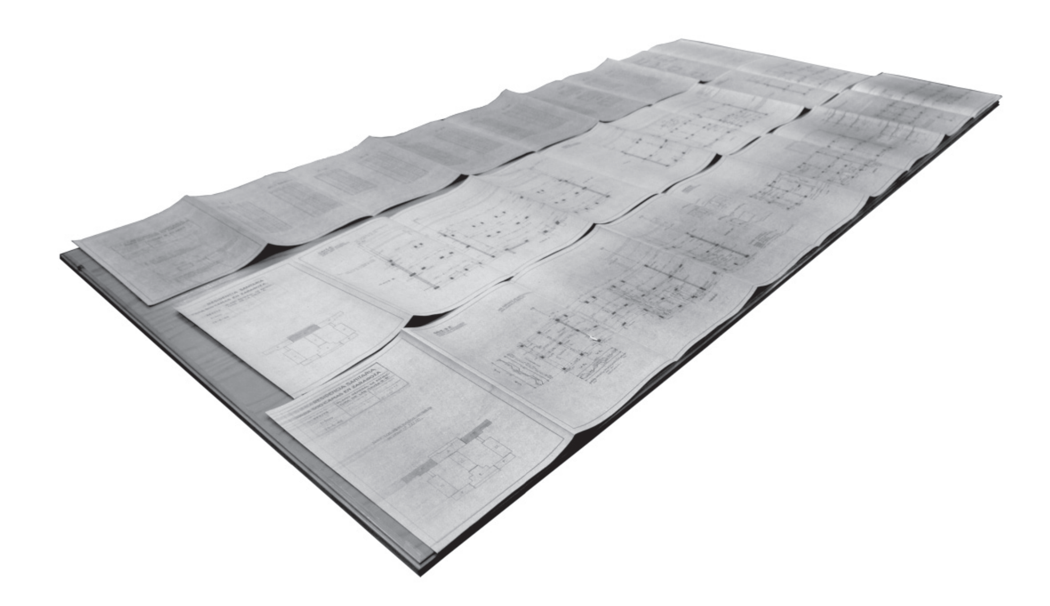


Figura 8
Fotografía de los planos de estructura de las naves B y B´ nave A y cuadro de pilares de la Residencia Sanitaria en Zaragoza (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

En el libro expone algunas obras de mayor complejidad comenzadas en los años anteriores. En particular tiene mucho interés la obra de las tribunas del Estadio de Chamartín y el edificio central del Instituto Nacional de Previsión en la calle Alcalá.

La obra de la Residencia de Zaragoza se adapta muy bien a la organización de naves que explica Fernández Casado y es en cierto modo una adaptación arquitectónica muy sabia del sistema con diferentes alturas dentro de cada nave, lo que permite que estructuralmente se construya con soluciones bastante sencillas, pero se consigue una volumetría más compleja con el encuentro completo de todas las naves construidas.

El edificio tiene estructura de esqueleto de hormigón armado con los pilares exentos y agrupados de dos en dos con diferentes distancias de separación entre ellos y con ambas direcciones en su orientación según casos. También quedan sobresaliendo algunas vigas en ambas direcciones según casos.

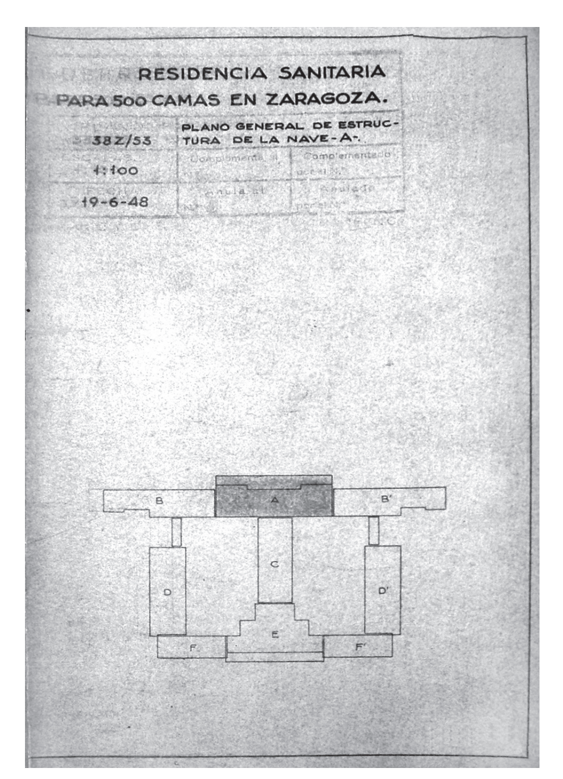


Figura 9
Fotografía de la carátula del plano general de estructura de las nave A con esquema de las naves del edificio de la Residencia Sanitaria para 500 camas en Zaragoza (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

Las vigas y pilares se ordenan en entramados que orientan los dobles pilares en la mayoría de los casos según la dirección paralela a la fachada de mayor longitud. Esto no se cumple siempre lo que le permite modificar muy fácilmente los anchos de las crujías y facilita encuentros de las naves que conforman un edificio perimetralmente cerrado con dos grandes patios donde se ubican construcciones exentas con usos sociales como son los lugares de reunión con utilización religiosa o civil. Las estructuras de estos lugares tienen soluciones particulares.

Los tamaños de los pilares de hormigón cuadrados van desde 30x30 a 60x60 en algunos casos particulares en las plantas inferiores de las zonas más altas del edificio. Los tamaños de los pilares de hormigón rectangulares van desde 30x40 a 50x70 en algunos casos particulares en las plantas inferiores de las zonas más altas del edificio. La mayoría de los tipos de pilares están contemplados en los tamaños referidos. Existen muy pocos casos en los que sean necesarios pilares de hormigonado más complejo.

Las vigas del edificio aunque en ambas direcciones mantiene siempre las crujías (dos ó tres) en la dirección paralela a la fachada de mayor longitud. Los forjados perpendiculares a la fachada de mayor longitud son de elementos premoldeados solidarizados con viguetas de 12 cm construidas in situ con armadura superior y distancia de entrevigado de 50 cm y canto de forjado en los casos generales de 24 cm.

En la planta de la estructura están claramente diferenciadas las nueve naves independientes que configuran el edificio. Las juntas entre naves duplican los pilares de la estructura, aunque no siempre se desdoblan de la misma manera. En algunos casos se repiten los pilares uno junto a otro y en otros casos no se sitúan en la misma línea de los apoyos. Esto permite la variación de las luces perpendiculares a la dirección longitudinal, que repercute finalmente en el ancho total de las diferentes naves.

La nave longitudinal A tiene una longitud de 45 metros y es simétrica respecto a su eje central a 22,5 metros de cada extremo. Perpendicularmente en el eje está ubicada la nave C, no simétrica con un ancho de 14 metros y una longitud de 35 metros. Entre las

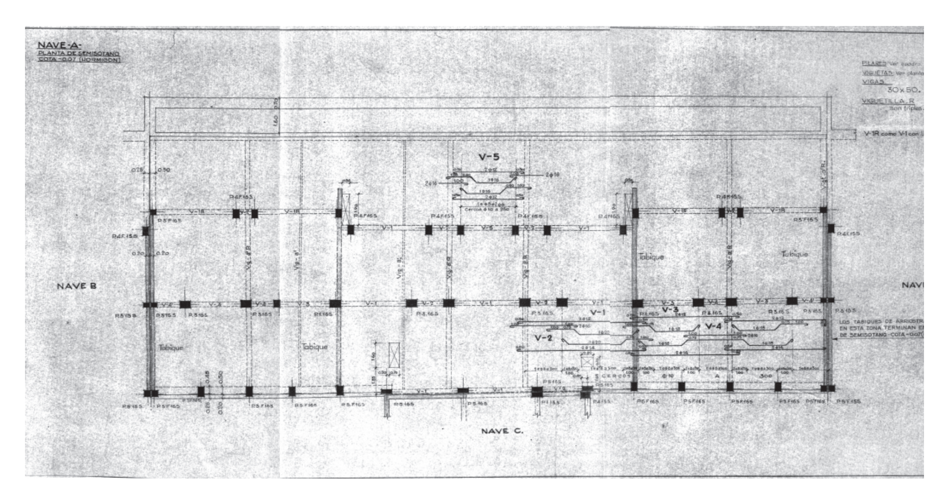


Figura 10
Fotografía parcial del plano general de estructura de la nave A con distribución de pilares y armadura de vigas del edificio de la Residencia Sanitaria para 500 camas en Zaragoza (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

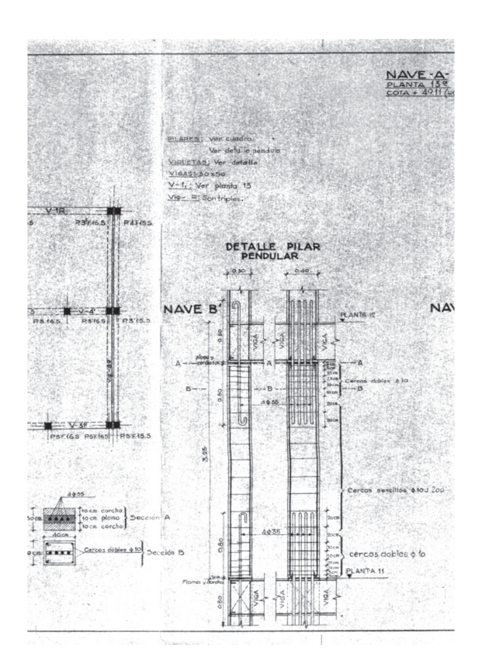


Figura 11
Fotografía parcial del plano general de estructura de la nave A con detalle de pilar pendular de hormigón del edificio de la Residencia Sanitaria para 500 camas en Zaragoza (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

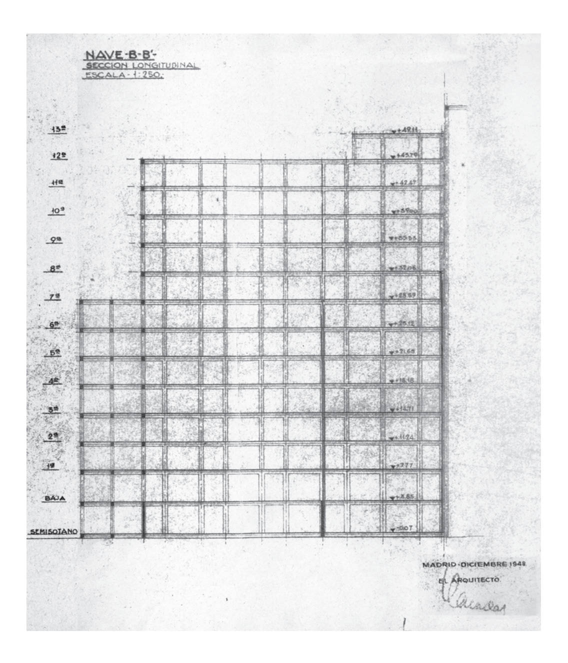


Figura 12
Fotografía parcial del plano general de estructura de la nave B con detalle de sección vertical de la nave B-B´ del edificio de la Residencia Sanitaria para 500 camas en Zaragoza (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo. Archivo FC-142)

naves F, F´ en el centro se ubica la nave E con 40 metros de fachada y 25 metros de fondo, escalonado con distancias de seis metros hasta encontrarse con una anchura de 16 metros con la nave C.

Las naves B y B´ se ubican a ambos lados de la nave A con una longitud de 45 metros y son simétricas respecto al eje del edificio completo. En este mismo eje se configura una simetría similar entre las naves de 35 metros D y D´ y entre las naves de 27 metros F y F´.

Lista de referencias

García Mercadal, Fernando. 1972. *1919 FGM 1972*. Madrid.

Fernández Casado, Carlos. 1948. *Estructuras de Edificios.* Madrid: Editorial Dossat, S.A.

Fullaondo Errazu, Juan Daniel. 1971. *Nueva Forma nº 69*. Madrid: Nueva Forma (HISA)

Fullaondo Errazu, Juan Daniel. 1984. *Fernando García Mercadal: arquitecto aproximativo*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

Granell, Enrique. 2008. *AC la revista del GATEPAC, 1931-1937: [exposición] 28 de octubre de 2008 - 5 de enero de 2009, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofia.* Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía.

Instituto Nacional de Previsión. 1946. *Programa para necesidades. Ambulatorios y residencias clínicas.* Madrid: Publicaciones del Instituto Nacional de Previsión.

Instituto Nacional de Previsión. 1947. *Edificios sanitarios para el Seguro de Enfermedad. Exposición y concurso de anteproyectos para el plan nacional de instalaciones sanitarias.* Madrid: Publicaciones del Instituto Nacional de Previsión.

Instituto Nacional de Previsión. 1955. *Residencia sanitaria José Antonio*. Madrid: Publicaciones del Instituto Nacional de Previsión.

Zavala, Juan de. 1947. *La evolución de las ideas para la construcción de Hospitales. El Hospital « El hospital en bloque»*. Madrid. Publicaciones del Instituto Nacional de Previsión.

VV.AA 1997. *Carlos Fernández Casado*. Edita Fundación Esteyco.

Hipótesis del sistema constructivo de la muralla de la repoblación cristiana de la ciudad de Segovia

Estefanía Herrero García
Miguel Ángel Martín Blanco

El presente artículo pretende profundizar en el conocimiento del sistema constructivo característico que predomina en los lienzos de la muralla de Segovia. La muralla actual se encuentra muy transformada debido a los numerosos derrumbes, reparaciones, reconstrucciones y restauraciones que ha sufrido a lo largo de su historia, mostrando una amplia superposición de materiales y técnicas constructivas.

Sin embargo, creemos que entre tanta variedad constructiva, se pueden obtener unas generalidades comunes que predominan en la mayor parte de su trazado. Lo que pretendemos encontrar es el sistema constructivo utilizado en la muralla en el momento en el que se configura su trazado y forma actual. Aunque nuestro objetivo no es datarlo, atendiendo a la historiografía local, correspondería con el momento de la repoblación cristiana, encomendada a Raimundo de Borgoña, en 1088, A pesar de ello, bien podría pertenecer a otras etapas históricas anteriores o posteriores.

Para su estudio, emplearemos como herramienta fundamental las lecturas de paramentos, atendiendo principalmente al estudio de las generalidades encontradas así como en las discontinuidades constructivas. Es posible que los datos tomados para elaborar esta hipótesis constructiva pertenezcan a realidades y momentos históricos distintos, a pesar de su coherencia constructiva. Por lo tanto, lo que se plantea es una suposición previa, abierta a modificaciones, sobre la que seguir trabajando.

En este caso nos centraremos en los lienzos, dado que las torres presentan otro tipo de singularidades y excepciones que desbordarían la dimensión de este trabajo. Para ello se han realizado lecturas constructivas de paramentos en 75 lienzos1de los 86 que se contemplan en el plan Director, excluyendo de este estudio los 11 correspondientes al Alcázar, por considerar que su construcción, en su mayor parte, está directamente vinculada con la del propio edificio.

La muralla de Segovia

La ciudad de Segovia, situada a los pies de la vertiente norte de la Sierra de Guadarrama, en una posición de control para el paso a la submeseta sur, ha tenido históricamente una importante connotación defensiva, por su situación sobre un escarpe natural casi inaccesible, perfilado por el río Eresma y el Arroyo Clamores (Abella Mardones 1993, 34).

Como continuación de este sistema defensivo natural aparece su muralla, con un perímetro aproximado de 3,5 km de longitud, apoyada sobre los afloramientos de la roca madre y adoptando la forma alargada del espigón formado por la confluencia de los dos ríos, donde se levanta el Alcázar.

Las particulares condiciones geológicas de la roca sobre la que se asienta la ciudad, la falta de mantenimiento de estos lienzos, el inevitable deterioro secular y las actuaciones antrópicas, socavando la roca, expoliando las piezas, el apoyo de edificaciones, o las actuaciones militares, han ocasionado cientos de

derrumbes tanto de la muralla como de la propia roca que le sirve de apoyo.

Son innumerables los documentos que obran en el archivo municipal poniendo de manifiesto el nefasto estado de conservación en que se encuentra la muralla durante siglos, así como las numerosas contribuciones económicas que se realizan para obras de reparación y mantenimiento y en algunos casos, reconstrucciones completas de lienzos que se han arruinado (Contreras Jiménez 1986; Rodríguez Ortiz 1988; Herrero García 2014).

Este largo proceso histórico supone un aporte y a su vez una destrucción de la información constructiva que puede leerse en los lienzos de la muralla. Así encontramos en ésta una variedad de sistemas constructivos que se superponen, cortan, y adosan unos a otros, alterando la configuración primigenia de la muralla.

Como se ha comentado anteriormente, la hipótesis generalmente aceptada fecha la configuración definitiva del recinto amurallado de la ciudad en la época cristiana, entre los años 1088 y 1120, considerando que fue dirigida por Raimundo de Borgoña, quien se encargó de repoblar y fortificar la ciudad tras la toma de Toledo en el 1085 (Ruiz Hernando 1982, 25), tal y como está documentado que ocurrió en la ciudad de Ávila (Montero Vallejo 1996, 205).

Es evidente que en una ciudad como Segovia, ocupada por distintos pueblos a lo largo de los siglos, deben haber existido varios recintos fortificados. Anteriores a la Repoblación, encontramos documentadas construcciones defensivas de época celtíbera (Martínez Caballero 2010,143-181; Labrador Vielva, J.M 2015), de la etapa romana (Illarregui Gómez 2010, 74), y de las defensas hispanomusulmanas (Zozaya Stabel-Hansen 2005, 25; Alonso Zamora 1994; Alonso Zamora 2005, Martín Blanco 2015).

Sistema constructivo de tapia encofrada

En la muralla actual, encontramos diferentes tipos de fábricas y materiales (algunos de ellos claramente reutilizados), diversos tipos de piedras (con distintas canteras de procedencia), gran variedad de tallas, aparejos y modulaciones, así como otras evidencias de discontinuidades constructivas que, en muchos de los casos, responden a la superposición histórica de los sucesivos amurallamientos. Encontramos fábrica de sillería, de ladrillo, distintas tipologías de mamposterías, tapia encofrada, etc. Donde se aprecia mejor toda esta variedad es en los zócalos y en las partes bajas de lienzos y torres, donde con toda lógica se encuentran las partes más antiguas (Martin Blanco 2014, 157).



Figura 1
Lienzo 86-1. Lienzo derruido en cuyo relleno se aprecian las líneas horizontales de separación entre los cajones así como la correspondencia con los mechinales. (Imagen de los autores)

La explicación de cada uno de los sistemas constructivos detectados en la muralla daría lugar a un texto muy extenso que nos alejaría de la finalidad de este artículo, por lo que nos centraremos en el sistema más frecuente.

En la mayor parte de los lienzos, que en la actualidad aparentan ser una mampostería desconcertada, un estudio de paramentos más detallado nos descubre indicios de que esta fábrica originariamente se realizó como tapia de calicanto encofrada, formada por tongadas de mampuestos de diversos tamaños vertidos junto con lechadas de morteros de cal. Esto ha podido constatarse principalmente en las zonas donde en la superficie del lienzo de la muralla se aprecia directamente la impronta de la tablazón del encofrado estampado en el mortero del acabado, lo que evidencia que se trata de un muro de tapia, como por ejemplo en los lienzos L86-1, L2-3, por

ambas caras, L18-19 del teatro Cervantes, L43-44, en el L81-82, y en la torre T79 (con esquinas de sillería) (figura 6).

Sin embargo, como ya se ha indicado, la muralla ha sido muy alterada y removida por reiteradas intervenciones, que han unificado el aspecto de los lienzos ocultando las líneas de separación entre cajones y tapando, en muchos casos, los mechinales donde se colocaban las agujas. Aun así hemos detectado la existencia de mechinales en 41 de los 65 lienzos que no están ocultos por vegetación, edificios adosados, etc. Estamos convencidos de que le porcentaje es mucho mayor, dado que en muchos lienzos estos mechinales se han ocultado por las sucesivas reparaciones. Esto lo acreditamos en sectores donde los derrumbes han dejado a la vista estos mechinales así como el relleno interior de las fábricas, comprobando que se ejecutó mediante cajones rellenados, con camas de mortero de nivelación sobre los que se ejecutaba el siguiente nivel después del fraguado del mortero como en los lienzos L43-44, L47´-48, L51-51´ y L85-86, entre otros. La separación entre estas camas de nivelación viene a coincidir con la de los mechinales existentes, evidenciando claramente la existencia de un encofrado para su construcción.

La fábrica encofrada es una técnica muy común en construcciones defensivas debido a su rapidez de ejecución y a que permite realizar volúmenes importantes con una mano de obra no necesariamente cualificada. Veamos con más detenimiento este sistema constructivo y sus partes.

Roca

En todos los lienzos visibles, la fábrica apoya directamente sobre la roca. No disponemos de datos en 11 de ellos por estar el arranque de la muralla enterrado o bien oculto por la vegetación o construcciones adosadas delante.

Hemos detectado algunos puntos que aparentemente se ha tallado de forma muy burda la superficie horizontal de la roca sobre la que se apoya la fábrica para facilitar el asiento y estabilidad de las piezas. Pero en la mayoría de los casos, no se aprecia que la roca haya sido preparada para nivelar el apoyo de la fábrica sobre ella. Las piezas se disponen directamente sobre la roca, empleando ripios y calzos para asentar sillares y piezas de gran tamaño (figura 2).



Figura 2
Lienzo L80-81. Piezas romanas reutilizadas, la del centro es una lápida que presenta inscripción, empleadas como base. Se aprecia que no se ha preparado el asiento sobre la roca, sino que los sillares se calzan con ripios. Tampoco se genera, un arranque horizontal y nivelado para el apoyo de la tapia encofrada. (Imagen de los autores)



Figura3
Lienzo2-3. Roca tallada en el plano vertical. Aparentemente podría haberse tallado también el plano horizontal. Los sillares apoyan sobre la roca, sin necesidad de ripios. (Imagen de los autores)

Por el contrario, existen numerosos sectores donde la roca se ha tallado intencionadamente, en su plano vertical, evidencia del uso de la propia roca a pie de muralla como cantera de extracción lo más próxima posible al lugar de empleo (figura 3). Esto además favorece la defensa, dificultando el acceso y zapado.

Base de apoyo

El 50 % de los lienzos (32 de 64 visibles) presenta en su base un zócalo diferenciado, en algunos casos constituido por sillares colocados expresamente, o bien reaprovechando restos de una construcción preexistente. En la otra mitad de los lienzos, la fábrica de tapia llega hasta la roca, apoyándose directamente sin ningún tipo de zócalo o base de apoyo específico.

En el caso de disponerse la base de sillares, ésta se constituye por una o dos hiladas, en algunos casos más, de sillares o piezas de mayor tamaño, que habitualmente son de granito y reutilizadas procedentes del expolio de los edificios y cementerios romanos.

Esta base de sillares no se extiende a toda el espesor de la muralla, sino que se limita a la hoja exterior del muro, como se ha podido ver en varias zonas de la muralla en las que faltaba alguna pieza de la base, por ejemplo en la torre T77, en el lienzo L38-39 o en la zona derruida del lienzo L61-61´.



Figura 4
LienzoL5-6.1. Zócalo de sillares reutilizados que genera una línea de arranque de tapia encofrada perfectamente horizontal y nivelada. Algunos presentan ripios para calzarlos. (Imagen de los autores)

La existencia de estos sillares reutilizados se debe, según algunos autores, a la proximidad a los cementerios romanos que existían en la ciudad (Santos Yanguas 2005). Por la misma lógica, pensamos que el expolio de los edificios que estarían en ruinas en la Edad Media aportaría los sillares, tambores de columna, molduras y otro tipo de piezas talladas que están embebidas en la muralla.

La disposición de estas piezas de mayor tamaño en la base de la muralla tiene una clara función de refuerzo del paramento exterior. En algunos casos, consiguen un asiento perfectamente horizontal y nivelado para levantar la fábrica encofrada encima de ellas, como por ejemplo los lienzos L5-6 y L6-7 (figura4), mientras en otros su descuidada colocación demuestra claramente que no se ha buscado la nivelación para el apoyo de la siguiente fase de obra (figura 2).

Lienzo de calicanto encofrado

El calicanto es una técnica constructiva donde las tongadas de piedras de diversos tamaños son vertidas junto con lechadas de morteros de cal en el interior de un encofrado de madera que sirve de molde reutilizable.

El encofrado hace la función de molde y su volumen interior corresponde con el módulo básico de la tapia o cajón. Por ello, cuando nos enfrentamos al estudio del sistema constructivo de un muro de tapia encofrada, es indispensable obtener esta modulación.

Los principales elementos que ayudan a la identificación de una tapia y a la lectura de su modulación, sobre todo cuando ésta se encuentra muy erosionada y no se diferencian bien las juntas constructivas, son los mechinales dejados por las agujas. Las agujas son las piezas longitudinales de madera que atraviesan total o parcialmente el muro y vuelan en forma de ménsula para poder apoyar los tableros principales y dar rigidez al encofrado en su parte baja.

Hemos detectado en la muralla dos modulaciones de mechinales distintas, lo que evidencia dos sistemas de encofrado, uno formado por tres agujas y otro

por dos. Esto podría deberse a la realización de los distintos muros por equipos de trabajo diferentes, sin embargo, nos decantamos más por pensar que se han realizado en momentos históricos distintos, ya que en los lienzos donde se han detectado ambos sistemas, por ejemplo el lienzo L43-44, el formado por tres agujas está por debajo, apoyado directamente sobre la roca. Este sistema de encofrado aparece también en las zonas que estaban ocultas y en aquellas en las que están documentadas menos reparaciones. Por ello, consideramos que sería éste, el sistema de tapia encofrada con cajones apoyados en tres agujas, el utilizado para levantar la muralla cristiana de la repoblación, basando nuestra hipótesis en el estudio de los tramos que según la lectura de paramentos serían los más originales, los lienzos L2-3 y L18-19, L86-1, los dos últimos ocultos hasta hace escasos años.

Los cajones de calicanto serían de aproximadamente 2,5 m de ancho, 2,5 m de largo y aproximadamente 1,25 m de alto, con un tamaño de las tablas del encofrado de aproximadamente 20-25 cm de alto. La elección y la disposición de algunos mampuestos, nos hace sospechar que en el remate superior del cajón, la colocación era más cuidada, consiguiendo una mejor nivelación de la cara superior de la tapia, que se remataba con una capa de cal bastante fluida para rellenar las oquedades y generar un plano más liso de acabado y apoyo dela siguiente tapia.

Cada uno de estos cajones se realizaría con un encofrado de tres agujas pasantes que atravesarían todo el espesor del muro, la primera se colocaría junto al cajón previo terminado, otra en la zona central y una última que marcaría el límite del cajón, permaneciendo fuera de él y formando parte de la construcción del siguiente cajón (figura 5).

Para alojar las agujas y poder extraerlas para su reutilización, se confinarían burdamente mediante paredes laterales de mampuesto atravesando todo el espesor del muro (figura 9). Sobre ellas, se dispondrían otros mampuestos a modo de dintel, formando los mechinales y evitando de esta manera que queden embebidas en la masa fluida vertida para el relleno. Según la disposición central o lateral del mechinal dentro del cajón, este mampuesto-dintel estará centrado o descentrado, y habrá una o dos paredes laterales sobre la que apoyarse, ya que en el caso de los mechinales laterales, se apoyaría sobre el muro del cajón adyacente ya ejecutado (figuras5 y 8). Esta distinta ejecución de los mechinales nos permite localizar más fácilmente los cajones y leer el sentido de la construcción original del lienzo.

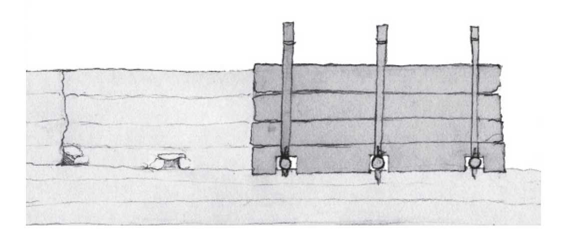


Figura 5
Esquema del posible encofrado utilizado para la ejecución de la tapia encofrada. En el lado izquierdo se observan dos tipos de mechinales, uno lateral, con la pieza de dintel descentrada, y marcada la línea de separación vertical entre cajones, y otro mechinal central. En el extremo derecho, con el encofrado aún colocado, se aprecia que la última tabla del encofrado, descuelga por debajo del nivel de las agujas. Véase figura 6. (Imagen de los autores)

Se han encontrado agujeros tallados en la roca al pie de la muralla en la cara exterior del lienzo L 2-3 que algunos autores relacionan con el andamiaje para la construcción de la muralla (Marques Martin



Figura 6
Lienzo L19-20. Intramuros. Se observa la impronta de la tablazón impresa en el mortero. Las tablas del encofrado pasaban por delante del mechinal. (Imagen de los autores)



Figura 7
Lienzo L2-3. Intramuros. Se observa la diferente configuración de los mechinales centrales y los laterales resaltándose las líneas de borde del cajón, horizontal y vertical. (Imagen de los autores)

2011). Sin embargo, las juntas verticales de trabajo de los cajones no son perfectamente rectas (figura 7), algo que hace pensar que se trabajaba sin tablero en los costados, vertiendo seguramente la mezcla de calicanto desde el cajón adyacente, en vez de desde arriba, y no siendo necesario un andamiaje para el acceso, suministro de material y plataforma de trabajo, ya que para ello, seguramente, se emplearía la propia muralla según se fuera ejecutando, y en el caso de que fuera necesario un andamio, se utilizarían las propias agujas.

Las agujas del encofrado se colocarían sobre el cajón inferior ya ejecutado. Si los tableros de dicho encofrado se colocaran directamente sobre estas agujas quedaría un hueco por el que podría salirse la mezcla vertida. Para evitar esto se podría colocar una hilada inferior de mampostería en el borde que sirviera como encofrado perdido, pero las huellas de las maderas que todavía se conservan en el intradós del lienzo L18-19sugieren que se encofró unitariamente desde la base hasta el remate superior, por lo que los tableros del encofrado se realizaban cajeando la forma de las agujas, sobrepasando inferiormente su altura y evitando la salida de la mezcla (figuras 5 y 6).

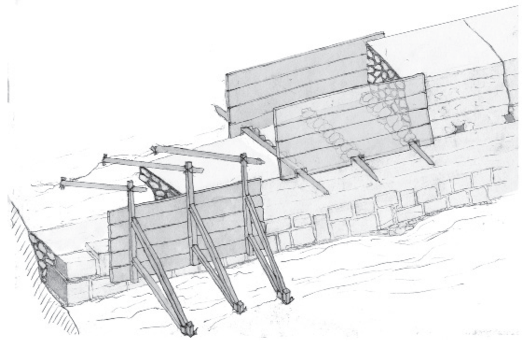


Figura 8
Esquema axonométrico del sistema de ejecución de la base de nivelación mediante cajones, para absorber las irregularidades de la roca hasta el nivel en que todo el lienzo se ejecuta como una la fábrica encofrada continua. (Imagen de los autores)

Una vez que se alcanzara el nivel superior del cajón y que se secara la mezcla, se procedería a desencofrar el muro. Al retirar los tableros de madera, en el muro quedaría la impronta de las tablas y al sacar las agujas permanecerían los mechinales, lo que permite actualmente leer su situación original (figura 6). Tanto las agujas como los encofrados se reutilizarían para la ejecución del siguiente cajón.

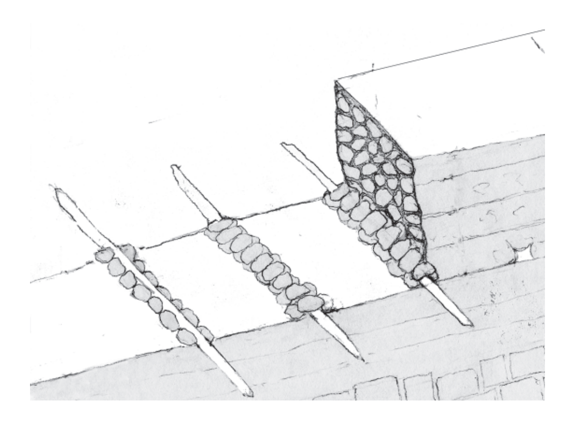


Figura 9
Esquema detalle del interior del encofrado de la figura anterior en que se aprecia la realización de paredes y dinteles con mampuestos, previo al vertido de la masa de relleno para generar los mechinales y recuperar las agujas. (Imagen de los autores)

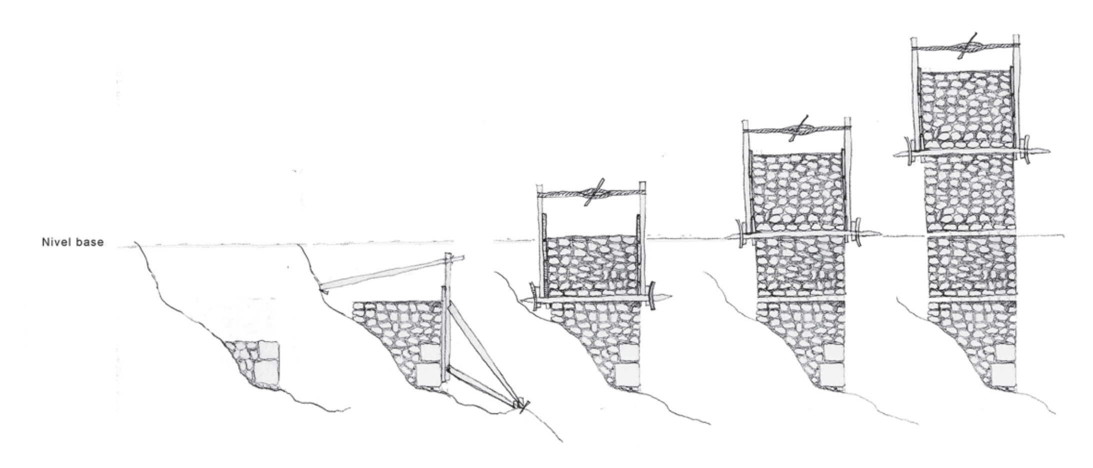


Figura 10
Esquema detalle del interior del encofrado de la figura anterior en que se aprecia la realización de paredes y dinteles con mampuestos, previo al vertido de la masa de relleno para generar los mechinales y recuperar las agujas. (Imagen de los autores)

Aunque la zona baja ha sido muy reparada en general, se podría afirmar que los mechinales no comienzan en la base. Seguramente esto se deba a la existencia de la roca en el intradós y la posibilidad de poder apuntalar el encofrado directamente contra el terreno, sin necesidad de agujas (figuras 8 y 10). Sólo existen algunos casos donde el encofrado mediante agujas comienza en la base, y coincide con grandes saltos de la roca muy escarpados. Este caso lo encontramos en el lienzo L43-44, en que la línea de mechinales se encuentra en contacto con la roca. Curiosamente ésta se encuentra tallada, con un corte totalmente vertical.

En la cara exterior de la muralla, a día de hoy, se conserva un número reducido de mechinales debido a que muchos de ellos han sido tapados en reparacio-

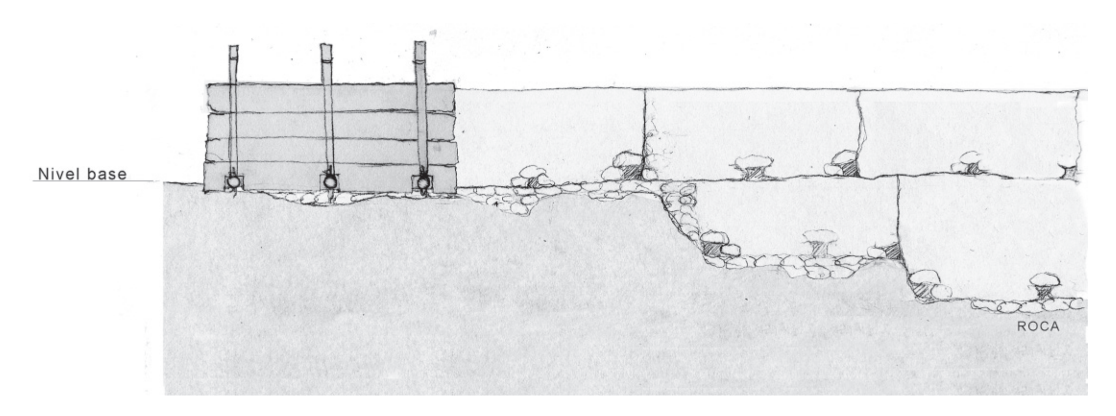


Figura 11
Esquema de alzado del proceso constructivo. Alzado interior se observa como los mechinales se adaptan a la altura de la roca en cada punto, generándose cajones de altura variable, hasta el nivel base en que se ejecutan los cajones de manera estandarizada. (Imagen de los autores)

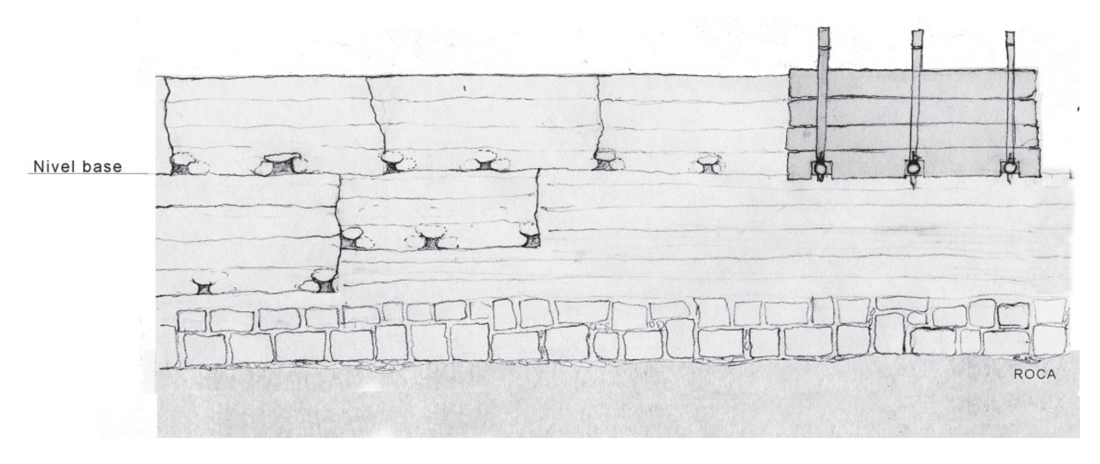


Figura 12
Esquema de alzado del proceso constructivo. Alzado extramuros de la figura 11 en el que aparecen niveles de mechinales, sin un orden aparente, motivado por las rasantes de la roca en la cara interior. (Imagen de los autores)

nes posteriores, lo que complica la lectura constructiva. Además, los que se pueden ver actualmente no presentan un orden claro ni continuo en la mayoría de los lienzos, y algunos son falsos mechinales reconstruidos en el siglo XX que, como se ha podido constatar, no siempre coinciden con los iniciales.

La cara interna de la muralla está casi siempre enterrada por la propia evolución de la ciudad que la ha considerado un muro de contención. Una de las pocas zonas donde puede verse actualmente el apoyo en el intradós de la muralla es en el teatro Cervantes. Como este lienzo L18-19 ha estado oculto hasta hace poco tiempo, todavía se puede obtener de él una información muy valiosa que ha ayudado a definir la hipótesis constructiva de la muralla, sin embargo, al estar la cara exterior de este lienzo oculta por edificaciones adosadas, no es posible corroborar algunos de los planteamientos.

En el intradós de este lienzo L18-19, la muralla apoya directamente sobre la roca sin tallar, sin necesidad de zócalo con piezas más grandes, algo constructivamente coherente, ya que en el interior no necesitan reforzar la base como en el exterior. Sin embargo, sí se determina una altura de nivelación base, a partir de la cual se van a emplear el sistema constructivo de encofrado de manera regular. Esta cota viene determinada por la altura máxima de la roca en cada tramo en la cara interior de la muralla (figura 11).

Los niveles inferiores a esta cota base se realizan con cajones de calicanto de una altura variable según los desniveles de la roca, regularizando la base de apoyo de estos cajones con mampostería, así como las zonas que, por su tamaño, no se considerase factible encofrar.

Este sistema de ejecución tomando como referencia las cotas interiores de la roca, refleja en el alzado exterior una aparente irregularidad de mechinales que puede llegar a confundirse con reparaciones puntuales (figura 12).

En las partes superiores al estar nivelada ya la base de ejecución, en ambos alzados, interior y exterior, se refleja el aspecto rítmico y modulado que caracteriza a este tipo de fábricas.

Coronación almenada

La altura de la muralla ha ido cambiando a lo largo de la historia, generalmente recreciéndose, habiendo lienzos que presentan varios niveles. Esto se ve claro en la altura de las gárgolas de evacuación de aguas de la ciudad, algunas de ellas a media altura del lienzo actual, e incluso duplicadas.

Las coronaciones actuales son principalmente el fruto de las reconstrucciones del siglo XIX y XX, pero el remate original debería ser almenado, tal y

como podemos observar en los dibujos de Wyngaerde, o en los lienzos donde todavía se pueden ver algunos merlones embebidos en los muros actuales, como por ejemplo en la Puerta de Santiago o en el lienzo L51-51´.

Conclusiones

El presente artículo pretende profundizar en el sistema constructivo con el que se erigió la muralla de Segovia en el momento en que se configuró el trazado actual.

En la muralla a lo largo de la Historia han existido infinidad de derrumbes, expolios, reutilizaciones de material y reparaciones que dificultan enormemente la lectura constructiva de estos muros, encontrando múltiples sistemas constructivos, (sillería, mampostería, fábrica de ladrillo), constituidos por distintos tipos de materiales, con modulaciones y aparejos distintos. Pero el sistema constructivo más característico que encontramos es una tapia encofrada de calicanto, que se evidencia por la existencia de mechinales en el 63 % de los lienzos estudiados, estando convencidos de que muchos más se habrán perdido por las reparaciones y reconstrucciones o estarán tapados por la vegetación.

Esta tapia encofrada de calicanto puede apoyarse sobre una base diferenciada de piezas reutilizadas, que es en realidad un refuerzo de la base de apoyo de la fábrica encofrada, o bien apoyar directamente sobre la roca, sin disponer de ningún tipo de refuerzo como en el intradós del lienzo L18-19.

Para adaptarse a la irregularidad de la roca natural, se opta por construir un zócalo de nivelación adaptando el sistema de tapia encofrada a las distintas situaciones, incluso utilizando fábrica de mampostería, sillería o reutilizando partes de construcciones preexistentes, en lugar de cajear la roca, para conseguir ese apoyo horizontal y nivelado.

Superada la cota de la roca en todo el espesor de la muralla, se continúa la construcción utilizando exclusivamente el sistema de tapia encofrada, con agujas pasantes, que sistematizan la ejecución. El resultado es que a partir de una cierta altura de lienzo, se genera la configuración de alzados regulares y modulados característicos de este sistema de tapia encofrada.

Sin embargo, aun empleando el mismo sistema de tapia de calicanto encofrada, encontramos en la muralla distintos tipos de tapias, por modulación y por ejecución. Existe una tapia que se ejecuta con un encofrado de medida muy variable, que solo presenta dos mechinales muy distanciados. El otro caso de fábrica encofrada presenta una modulación de tapia de unos 2,5 metros de longitud por 1,25 m de altura y se ejecuta con tres mechinales para apoyo de las agujas.

En el lienzo L43-44 en que hemos encontrado ambas modulaciones relacionadas estratigráficamente, hemos podido comprobar que ésta última de tres agujas, se sitúa por debajo de la de dos agujas, por lo que cronológicamente es anterior y es la que consideramos, según nuestra hipótesis, como el sistema constructivo característico empleado en el período medieval, correspondiente probablemente ala muralla cristiana levantada tras la Repoblación Oficial de Alfonso VI.

Notas

1. Para la numeración de lienzos y torres se ha empleado la reflejada en el plan director, redactado por Pablo Fernández-Longoria (2006).

Lista de referencias

Abella Mardones, José Antonio y Leopoldo Yoldi Enríquez (coords). 1993. *Segovia: Ecología y paisaje. Guía para una comprensión integral de la ciudad*. Valladolid: Junta de Castilla y León, Ayuntamiento de Segovia.

Contreras Jiménez, María Eugenia. 1986. Reparaciones de la muralla segoviana en los s. XVII y XVIII. *Castillos de España*, 24 (91): 3-8. Madrid: Asociación Española de Amigos de los Castillos.

Fernández-Longoria Alcántara, Pablo. 2006. *Plan Director de las murallas de Segovia.* Informe inédito. Archivo de la Concejalía de Patrimonio Histórico del Ayuntamiento de Segovia.

Herrero García, Estefanía. 2014. «Sistema defensivo de la ciudad de Segovia». Técnicas y cambio de uso». En *Historia, arquitectura y construcción fortificada* coordinado por Ignacio Javier Gil Crespo: 105-143. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Illarregui Gómez, Emilio. 2010. «Las murallas de Segovia. Historia y Arqueología». En *Curso de Historia de Segovia*: 68-87. Segovia: Ayuntamiento de Segovia.

Labrador Vielva, José Miguel; Clara Martín García; Santiago Martínez Caballero. 2015. «Nuevas aportaciones al conocimiento del sistema defensivo de la ciudad de Segovia en la II Edad del Hierro. Nuevos datos sobre la muralla celtibérica. Inédito». En prensa en *Actas IV Jornadas de Jóvenes Investigadores del valle del Duero.* Asociación Zamora Protohistórica.

Marques Martin, Isabel. 2011. *Control arqueológico ligado al proyecto de reurbanización (primera fase) de la calle Leopoldo Moreno y restauración de tramo de muralla.* Inédito. (Informe depositado en el archivo del Servicio Territorial de Cultura de Segovia. Referencia: OT-30/2008-11)

Martín Blanco, Miguel Ángel. 2014. «Discontinuidades constructivas y pervivencias históricas en las murallas de Segovia». En *Historia, arquitectura y construcción fortificada* coordinado por Ignacio Javier Gil Crespo: 145-180. Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Martín Blanco, Miguel Ángel. 2015. «Las murallas de Segovia en la Alta Edad Media. Una interpretación constructiva». *Cuadernos de Arquitectura y Fortificación*, 1: 35-66. Madrid: La Ergástula.

Martínez Caballero, Santiago y Jorge Santiago Pardo. 2010. «La ciudad de Segovia y su territorio». En *Segovia romana II. Gentes y territorio*: 143-181. Segovia: Caja Segovia.

Montero Vallejo, Manuel. 1996. *Historia del urbanismo en España. I. Del eneolítico a la Baja Edad Media*. Madrid: Cátedra.

Rodríguez Ortiz, José María. 1988. *Estudio Geotécnico. Sobre los problemas de inestabilidad que afectan al recinto amurallado de la ciudad de Segovia*. Madrid: Junta de Castilla y León.

Ruiz Hernando, José Antonio. 1982. *Historia del urbanismo en la ciudad de Segovia del siglo XII al XIX*. Segovia: Diputación Provincial de Segovia.

Santos Yanguas, Juan; Á. L. Hoces de la Guardia Bermejo y J. del Hoyo. 2005. *Epigrafía romana de Segovia y su provincia*. Segovia: Caja Segovia, Diputación Provincial de Segovia.

Zamora Canellada, Alonso. 1994. «Un particular sistema de construcción militar en los albores del siglo XI». En *Actas del I Congreso de Castellología Ibérica*: 761-781. Palencia: Diputación Provincial de Palencia.

Zamora Canellada, Alonso; y Fernando Vela Cossío. 2005. «Paramentos de fortificaciones en la Segovia prerrománica (siglos VII al XI)». En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción (tomo* II), editado por Santiago Huerta: 1137-1154. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Zozaya Stabel-Hansen, Juan. 2005. «¿Poblados?, ¿Ciudades? ¿campamentos? ¿recintos castrales?» En *la Marca Media: hacia una tipología, en Al-Andalus, país de ciudades*. Actas del Congreso celebrado en Oropesa (Toledo) del 12 al 14 de marzo de 2003: 23-63. Madrid: Diputación Provincial de Toledo.

El ingeniero Juan Manuel de la Cruz y su aportación a la Arquitectura Militar en el sistema de defensas de Puerto Rico

Nuria Hinarejos Martín

El 18 de agosto de 1796 Carlos IV y su primer ministro Manuel Godoy, firmaron el Tratado de San Ildefonso con Francia en el Palacio Real de la Granja en Segovia, con el objeto de desarrollar una política conjunta contra Inglaterra y socorrerse militarmente en caso de necesidad. Como consecuencia de esta alianza, se produjo la Batalla del Cabo de San Vicente el 14 de febrero de 1797, cuando una flota británica al mando del almirante John Jervis, atacó una escuadra española formada por veintisiete navíos, once fragatas y un bergantín en el cabo que la dio nombre.[1] Tras este enfrentamiento, la corona inglesa envió una escuadra de guerra a las Antillas al mando del general Ralph Abercromby, con el objetivo de apoderarse de algunas posesiones españolas de Ultramar. Esta flota tomó la isla de la Trinidad el 16 de febrero de 1797 y se dirigió a la isla de Puerto Rico.[2] Las noticias de la toma de la Trinidad llegaron a la ciudad de San Juan y el gobernador Ramón de Castrotomó la decisión de reforzar el sistema defensivo construido por los ingenieros militares Tomás O´Daly y Juan Francisco Mestre, encargados de modificar y ampliar el proyecto defensivo elaborado en 1765 por el mariscal de campo Alejandro O´Reilly, con el fin de convertir la ciudad de San Juan en una plaza inexpugnable. El objetivo principal de este proyecto defensivo, era evitar un posible desembarco enemigo en la bahía de San Juan, protegida al este por el fuerte de San Jerónimo y San Antonio y los doce apostaderos construidos por Juan Francisco Mestre en septiembre de 1783, y al oeste por el castillo del Morro y el fuerte de San Juan de la Cruz también conocido como el Cañuelo, construido en la isla de Cabras. Se realizaron algunas reparaciones en varias fortificaciones que se encontraban en estado ruinoso, se reforzó la defensa de la ciudad con una guarnición de dos mil cuatrocientos hombres, un regimiento de infantería, tres escuadrones de caballería y cuatrocientos reclutas del regimiento fijo y se trasladaron fuera de la ciudad de San Juan a mujeres, niños, ancianos y enfermos, ante la posibilidad de sufrir un inminente ataque británico.[3]

El 17 de abril de 1797 las tropas españolas divisaron cerca del puerto varios buques de guerra y velas, aunque no pudieron distinguir el número de barcos exacto ni su nación de procedencia.[4] El gobernador Ramón de Castro, convocó a los jefes de la plaza y dispuso todo lo necesario para que las tropas españolas defendieran las baterías, castillos, fuertes y obras exteriores e interiores de la ciudad de San Juan. Se tocó a generala, se colocaron cuatro gánguiles, dos pontones y doce lanchas cañoneras armadas al mando del capitán de fragata Francisco de Paula y el cónsul francés Agustín París ofreció al gobernador sus servicios militares, dos barcos llamados *L´Espligue* y *Le Trionsphan* propiedad de Antoine D´Aubon –ex oficial de la tropa armada-, y una guarnición formada por los doscientos franceses que se encontraban en ese momento en la isla.[5] Las tropas inglesas intentaron desembarcar en la playa de Cangrejos aunque no consiguieron su objetivo, ya que el general Isidoro de Linares envió al capitán de milicias José Vizca-

rrondo y al ayudante Teodomiro del Toro, acompañados de cien hombres cada uno, con el fin de construir varias trincheras y artillarlas para luchar contra el enemigo. Las tropas españolas defendieron la isla por mar y por tierra, hasta que finalmente Domingo González, un miliciano artillero encargado de la defensa del fuerte de San Gerónimo, bombardeó el repuesto de municiones inglés, obligando al general Abercromby a abandonar la isla de manera precipitada el uno de mayo, abandonando en ella toda su artillería, municiones, caballos, víveres, herramientas y otros enseres.[6]

En relación con las consecuencias de estos acontecimientos hay que situar el trabajo realizado por Juan Manuel de la Cruz, ingeniero militar que trabajó al servicio de la corona española en la isla de Puerto Rico, a finales del siglo XVIII y comienzos de la centuria siguiente. Muy pocos autores trataron susaportaciones al sistema defensivo de la isla, sin embargo, la información aportada por su documentación personal –hojas de servicio militar y su expediente matrimonial fechado en 1806, conservados en el Archivo General Militar de Segovia y el Archivo General de Simancas– permiten conocer una serie de importantes datos hasta hoy inéditos. Juan Manuel de la Cruz nació el 8 de marzo de 1771 en Madrid y fue bautizado un día después en la iglesia parroquial de San Sebastián, al igual que su padre Juan Manuel de la Cruz, quien contrajo matrimonio con María Cruz Fernández, natural de Velorado (Burgos).[7] Ingresó en el ejército español con el grado de cadete el 22 de mayo de 1789, formó parte del regimiento de Sevilla, participó en el sitio de la ciudad de Ceuta y estudió en la Academia de Matemáticas de Cádiz fundada el 15 de febrero de 1790 dirigida por José del Pozo, tras el cierre de la Academia de Matemáticas de la ciudad de Ceuta fundada el 22 de septiembre de 1789.[8]

Fue ascendido a teniente e ingeniero ayudante el 29 de noviembre de 1793, trabajó en la Corte y un año después fue enviado a trabajar a Pancorbo (Extremadura). El 4 de septiembre de 1795 fue ascendido a teniente y el 6 de abril de 1799 obtuvo el grado de ingeniero extraordinario. Sus hojas de servicio militar, han permitido recabar información sobre su buen estado de salud, talento, buena formación teórica y práctica, buena puntualidad, costumbres y su «regular» aptitud para el cuerpo aunque se desconoce el motivo en el que está basado este último dato.[9]

Ninguno de los autores que se ocuparon de la labor de este ingeniero en la ciudad de San Juan, mencionan el momento de su llegada a la isla. Sin embargo, un documento fechado el 1 de septiembrede 1798 conservado en el Archivo General de Indias, muestra que el monarca españolle concedió permiso para viajar a Puerto Rico el 17 de noviembre de ese mismo año, acompañado de un criado como era habitual en estos momentos.[10] En la Colección Aparici del Archivo General Militar de Madrid, consta que Juan Manuel de la Cruz se encontraba en la isla en el mes de diciembre de 1798, aunque se desconoce hasta el momento la fecha exacta de su llegada. Sus hojas de servicio militar, muestran que fue ascendido a ingeniero extraordinario en abril de 1799, por lo que es posible pensar que obtuviera dicho ascenso por su labor realizada en la isla.[11] Trabajó en la ciudad de San Juan junto al maestro mayor de las obras reales de fortificación de la plaza Luis Huertas, quien ocupó el cargo tras el fallecimiento de su antecesor Bartolomé Fammí Notari.[12] Luis Huertas Toribio nació hacia 1765 en Porcuna (Jaén) fue nombrado maestro mayor de obras de fortificación el 13 de febrero de 1796, trabajó varios años bajo las órdenes del inspector general de fortificaciones Francisco Sabatini, quien lo propuso para trabajar en el sistema de defensas de la isla de Puerto Rico. Arribó a la ciudad de San Juan el 12 de agosto de 1796 en el bergantín correo al mando de José Suárez Quirós, que partió de España desde el puerto de la Coruña.[13] A su llegada a la islala Contaduría General de Indias reclamó a este maestro de obras la cantidad de 3.960 reales de vellón, por los gastos ocasionados de su viaje puesto que viajó a Puerto Rico acompañado de su familia, aunque dichos costes fueron finalmente asumidos por la Real Contaduría. Durante su estancia en la isla trabajó bajo las órdenes del ingeniero jefe y director de las reales obras de fortificación, Felipe Ramírez y los ingenieros militares Ignacio Mascaró, Juan Pardiñas y Tomás Sedeño que se encontraban en ese momento trabajando en la mejora del sistema defensivo de la ciudad. Se encargó de construir el primer cuerpo y la fachada de la catedral de San Juan durante los primeros años del siglo XIX, dirigió las obras de la casa consistorial, la secretaría de la capitanía general, la fuente de Miraflores, la cárcel pública y la carnicería, proyectó el desagüe y terraplenado del manglar de la Puntilla, cuyas obras fueron fundamentales para el desarrollo urbano de la ciudad. La investigadora Ma-

ría de los Ángeles Castro, certifica su presencia en la ciudad de San Juan hasta el día de su fallecimiento datado el 31 de octubre de 1815 tras otorgar testamento unos días antes, donde dejó constancia de su intención de ser amortajado con el hábito de San Francisco.[14]

El ingeniero militar Juan Manuel de la Cruz y el maestro mayor de obras de fortificación Luis Huertas, trabajaron bajo las órdenes del ingeniero militar Tomás Sedeño, nacido en Barcelona en 1750 y formado como ingeniero en la Academia de Matemáticas de esa misma ciudad. Un documento datado en 1795 conservado en el Archivo General de Simancas, muestra que este ingeniero fue enviado a Puerto Rico acompañado de dos criados tras el ataque británico ocurrido en 1797, con el fin de dirigir la comandancia de ingenieros y ocupar el cargo de director de las obras de fortificación de la plaza. Durante su estancia en la isla elaboró un proyecto de restauración de la catedral de San Juan, que acompañó de varios planos del edificio, con el fin de renovar su fábrica. Este proyecto fue aprobado por el monarca el 4 de junio de 1802 y las obras comenzaron el 9 de noviembre de ese mismo año, bajo su dirección y el maestro de obras Luis Huertas Toribio. Realizó varias modificaciones en la fortaleza de Santa Catalina en 1800 y dio el visto bueno a varios planos trazados por el ingeniero extraordinario Juan Manuel de la Cruz, conservados actualmente en el Archivo General Militar de Madrid.[15] Dichos planos muestran su labor como ingeniero tracista, aunque no se ha podido localizar hasta el momento ningún documento que muestre su participación activa en la construcción de alguna obra defensiva en la ciudad, ni tampoco si las obras

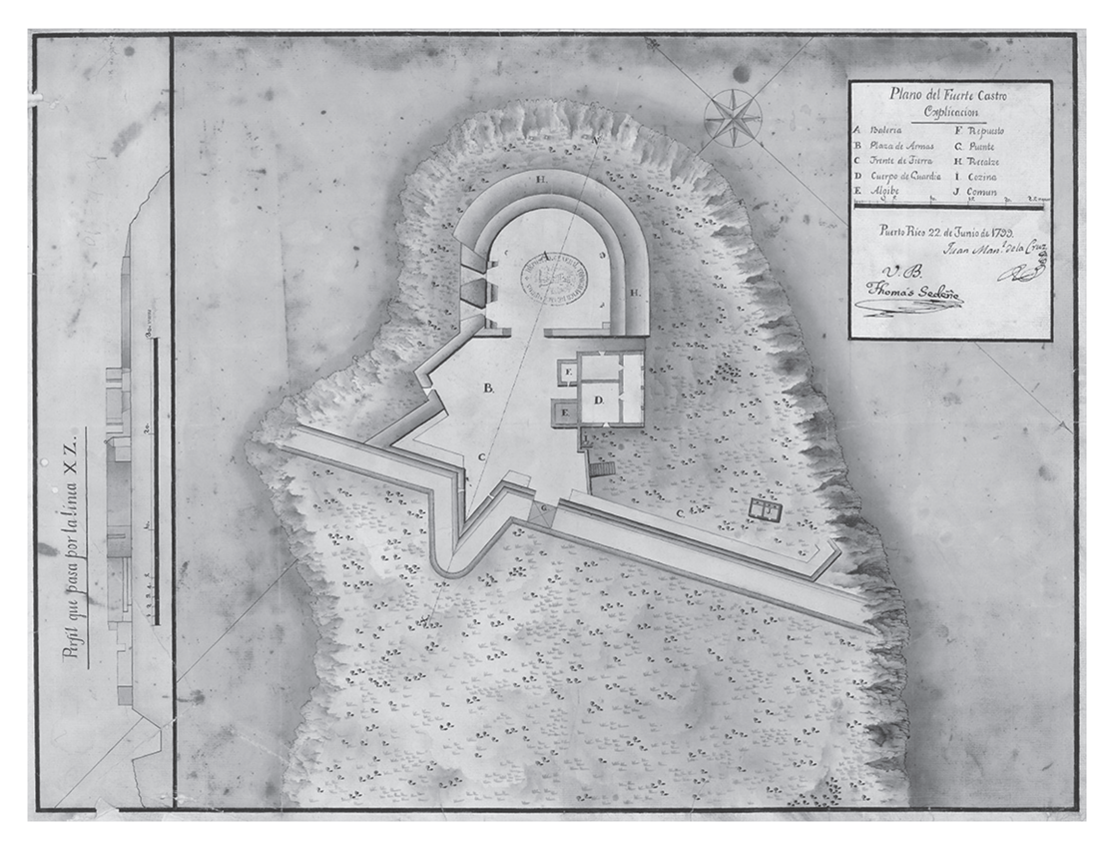


Figura 1
Plano del Fuerte Castro (1799). Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-14/7

proyectadas fueron o no construidas. Los planos mencionados están datados el 22 de junio de 1799, han sido mencionados por varios autores pero apenas se conoce información de las obras proyectadas en ellos, ya que a pesar del interés tipológico de los modelos arquitectónicos representados, no se ha podido localizar hasta el momento, ningún documento descriptivo en relación con ellos.[16] Juan Manuel de la Cruz trazó la planta y alzado del fuerte Castro, que el coronel e historiador Héctor Andrés Negroni –primer puertorriqueño graduado en la Academia de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos– considera que pudo ser construido en el río Toa actual río de la Plata, a unos setenta y cinco pies sobre el nivel del mar y debió de estar defendido por un foso seco y seis cañones, sin embargo el plano representado tan sólo muestra la existencia de dos cañoneras[17] (figura 1).

También proyectó la construcción de una batería construida en una lengua de tierra, cuyo lado más cercano al mar presenta una forma circular. La cortina izquierda estaba reforzadamediante la construcción de dos cañoneras, pensadas para batir posibles lanchas enemigas que intentaran acercarse al río Toa, que según indica otro plano datado en 1660 conservado en el Archivo General de Indias, tenía poca profundidad y era sólo era navegable con lanchas y pequeñas embarcaciones.[18] En este mismo archivo hemos podido localizar un documento que debió de acompañar al plano mencionado, en el que se recomienda construir alguna obra defensiva en la boca del río Toa, por considerarlo un punto fundamental para la defensa de la ciudad de San Juan. Se trata de una descripción que muestra varios puntos indefensos de la isla, el autor de esta memoria considera que si el enemigo tomara los islotes de Toa, sus hombres podrían desembarcar en las inmediaciones del río del mismo nombre, puesto que no contaba con defensas ni artillería para evitar dicho ataque, y desde aquí se podría asediar la plaza de San Juan, como consecuencia del estado ruinoso en el que se encontraba el puente de los Soldados –posteriormente conocido como puente de San Antonio por estar construido sobre el caño del mismo nombre– y la falta de una guarnición adecuada en las inmediaciones del río Bayamón.[19] La batería proyectada por Juan Manuel de la Cruz, muestra una plaza de armas dotada de un cuerpo de guardia, un repuesto de pólvora y un aljibe y en lado exterior de la fortificación, proyectó la construcción de una cocina y el «común» o letrina. La defensa de este fuerte quedó reforzada con la construcción de un foso sobre el cual, se proyectó la construcción de puente aunque se desconoce hasta el momento, si se trató de un puente fijo o levadizo, ya que dicha información no figura en el plano. Héctor Andrés Negroni considera que esta construcción fue derribada y en este mismo emplazamiento, fue construida más tarde la «Air National Guard» de la isla, sin embargo, hemos podido localizar dicha institución en La Carolina, por lo que dicho emplazamiento no tiene mucho sentido puesto que el municipio mencionado se encuentra situado en el lado este de la ciudad de San Juan y el río Toa está al norte de la misma.[20]

El segundo plano conservado en el Archivo General Militar de Madrid, muestra una obra defensiva denominada Trinchera de la Candelaria, formada por enfrente abaluartado defendido por un foso, siguiendo las características de la arquitectura militar abaluartada del momento.[21] Negroni considera que esta fortificación fue una obra auxiliar del fuerte Castro, aunque desconoce el lugar de su emplazamiento (figura 2).

Sin embargo, en el margen izquierdo de dicho plano, aparece representado el río Toa, por lo que es posible pensar que esta trinchera, fuera construida en la lengua de tierra situada frente al emplazamiento elegido para la construcción del fuerte Castro, lo que explicaría que el baluarte de la derecha tuviera más troneras que el baluarte izquierdo, ya que el objetivo sería evitar la llegada de posibles lanchas enemigas al río Toa. Es posible pensar además, que la trinchera de la Candelaria fuera construida o al menos proyectada en el barrio del mismo nombre, ya que muchas obras defensivas recibieron como nombre el topónimo del lugar en el que fueron construidas.

Los especialistas que mencionan ambas construccionesconsideran que se desconoce su lugar exacto de emplazamiento aunque las sitúan en las inmediaciones del río Toa. Debemos tener en cuenta que a ambos lados de este río se fundaron los pueblos de Toa Alta (1751) y Toa Baja (1745), afamados por la fertilidad de su tierra y la variedad de productos agrícolas que se cultivaban en ellos. El municipio de Toa Baja estaba situado a poca distancia de la ciudad de San Juan, contaba con una extensión de 24,5 millas cuadradas y estuvo formado por el barrio de la Candelaria, Media Luna, Palo Seco y Sabana Grande.[22] La base de la economía de este municipio desde el siglo XVI al XVIII fue la pesca y la agricultura pero

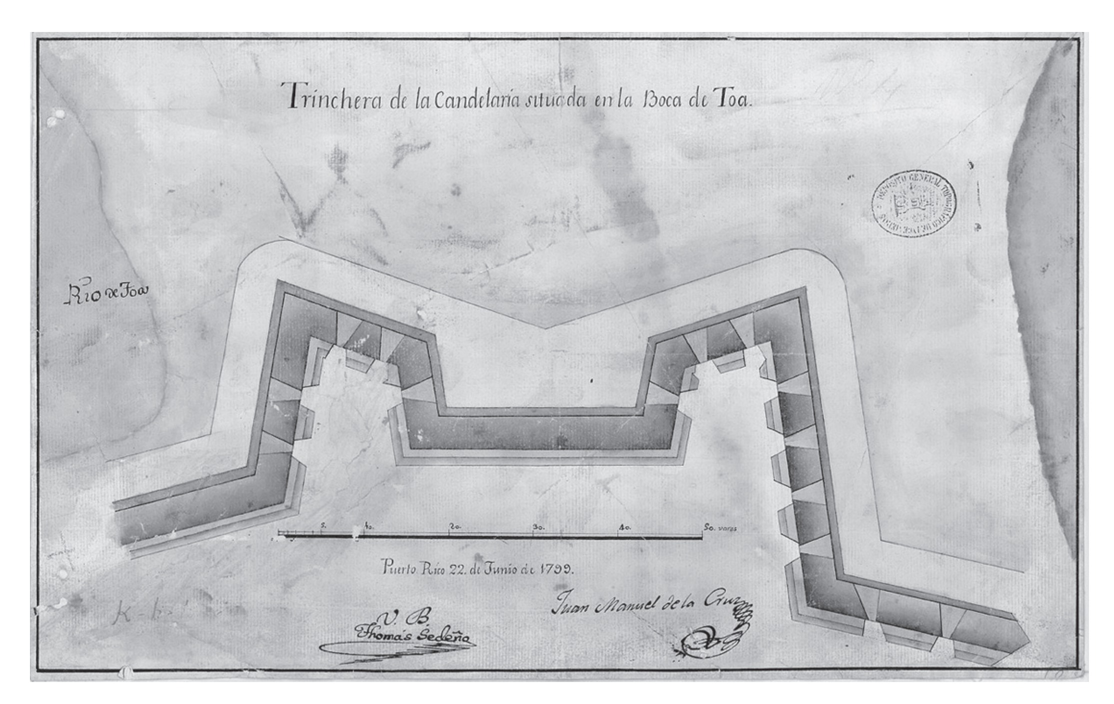


Figura 2
Trinchera de la Candelaria situada en la Boca de Toa. Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-14/8

a partir de la segunda mitad del siglo XVII, destacó el cultivo de la caña, debido a la demanda y precios en alza del mercado azucarero, situación que provocó la necesidad de construir en las inmediaciones de este río algunos ingenios de azúcar, como puede apreciarse en el plano conservado en el Archivo General de Indias datado en 1660[23] (figura 3).

Esto nos hace pensar que las construcciones trazadas por Juan Manuel de la Cruz, fueron proyectadas a la entrada del río Toa no sólo con una finalidad defensiva para evitar un posible asedio a la ciudad de San Juan, sino también evitar la posibilidad de que el enemigo accediera al río Toa con el fin de destruir los ingenios de caña de azúcar, situación que provocaría importantes pérdidas económicas a la isla puesto que entre 1776 y 1812, se alcanzó en este municipio una producción considerable de este producto.[24] Desde el siglo XVI hasta mediados del siglo XIX, se fundaron pequeñas factorías y haciendas dedicadas al cultivo del «oro blanco» como denominaban a la caña de azúcar, que en muchos casos eran financiados por la corona española que vio en esta producción una fuente importante de ingresos. El primer ingenio azucarero instalado en la isla, fue propiedad de un genovés llamado Tomás de Castellón, quien aprendió la técnica del cultivo de la caña de azúcar en la isla de la Española y lo puso en práctica en el pueblo de Añasco. En el plano desde 1660 mencionado anteriormente se pueden apreciar numerosos ingenios de azúcar y en 1790 Juan Rijus Feduchi fundó una de las haciendas más importantes del siglo, dotada de cien cuerdas de terreno cuyo propietario Jaime Fonadellas, la denominó Santa Elena. En el siglo XIX la producción de caña de azúcar se convirtió en una fuente económica importante del país, aunque no llegó a tener la importancia que dicho mercado tuvo en la isla de Cuba o en algunas colonias inglesas del Caribe, como consecuencia del escaso desarrollo experimentado en la técnica de cultivo, maquinaria empleada en la producción y vías de comunicación existentes en la isla.[25]

Al intentar analizar de manera más detallada, la aportación de este ingeniero militar al sistema defensivo de la ciudad de San Juan, se ha podido localizar un plano inédito datado en 1801 conservado en el Ar-

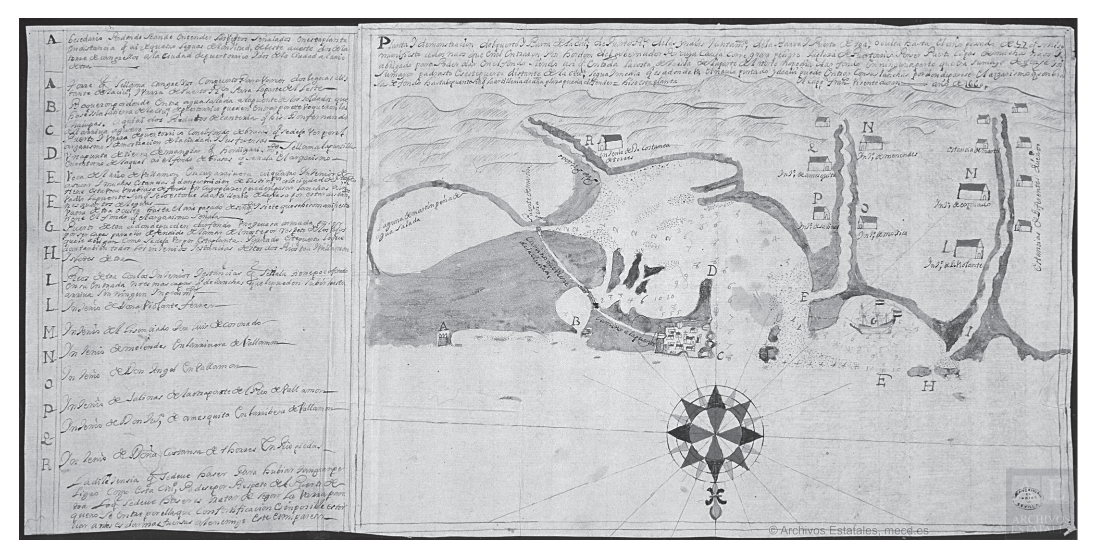


Figura 3
Planta y demostración del puerto y barra de la cid. de Puerto Rco. de las indias juntamte. de la Barra y Puerto de toa, oculta hasta el año passado de 47 q se puso manifiesto a dos naos que en el entraron por horden del gobernador por cuya causa corre grave peligro la plaza de Puertorrico por ser Puerto capaz de muchas naos y abrigado para poder dar en el fondo siendo asiqn. en toda la costa de la isla de la parte del norte no poder dar fondo en ninguna parte que era su mayor defensa y su mayor padrasto es este puesto distante de la ciud. legua y media q. es a donde va el navioguntado y death puede entrar con sus lanchas por donde parese el organismo q. son brazas de fondo hasta la puerta sin q. la artilleria de dha. Plaza pueda defender // hizo esta planta. elcappn. Franco. Pisente durante año de 1660. Archivo General de Indias, Mapas y Planos, MP-SANTO_DOMINGO, 60

chivo General Militar de Madrid, en el que aparecen representadas las obras provisionales realizadas tras el ataque británico de 1797, en el que aparecen representadas varias obras defensivas exteriores construidas en el frente de tierra: trincheras, varias baterías españolas y enemigas e incluso varias obras construidas en las inmediaciones de la ciudad de San Juan. Se trata de un documento gráfico de gran importancia, puesto que permite conocer el estado en el que se encontraba el sistema defensivo de la isla en 1797 cuando fue atacada por las tropas británicas al mando del general Ralph Abercromby[26] (figura 4).

La información conservada sobre este ingeniero es muy escasa, pero sus hojas de servicio militar son importantes para conocer algunos datos de interés, ya que muestran que fue ascendido a capitán durante su estancia en la isla y mediante dicho ascenso obtuvo un sueldo de sesenta y cinco escudos de vellón al mes además de dos raciones de pan y cebada al día en caso de guerra. En 1804solicitó permiso al monarca para contraer matrimonio con Juana Micaela Roig Lluis, hija de Pedro Roig de Lluis –teniente coronel del Real Cuerpo de Ingenieros encargado del detalle de las obras de fortificación de la plaza de San Juan-y Juana Sabiñón.[27] El 23 de septiembre de 1810 fue de nuevo ascendido a sargento mayor de brigada del Real Cuerpo de Ingenieros Militares tras el ascenso de Mauricio Berlanga y tres años después, obtuvo el grado de teniente coronel. Una real orden fechada el 7 de febrero de 1813 trasladó a este ingeniero al reino de Nueva Granada, pero antes de ser enviado a su nuevo destino, recibió una nueva real orden fechada el 14 de julio de 1814 que le obligó a viajar a la isla Santo Domingo con el fin de sustituir al comandante ingeniero Manuel de Hita por carecer de buen estado de salud, para encargarse de la comandancia de ingenieros de la isla. Juan Manuel de la Cruz falleció en la isla de Santo Domingo en el mes de octubre de 1814 y en marzo de 1815 se concedió a su esposa la pensión de viudedad correspondiente al Montepío Militar.



Figura 4
Plano que compreende el terreno desde la Plaza de Sn. Juan de Pto. Rico hta. parte del Condado, en el q. se manifiestan todas las Obras provisionales executadas después de la invasión, o tentativa de los Yngleses en el año de 1797 de orden del Señor Capn. General de esta Ysla el Mariscal de Campo Don Ramon de Castro. Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-24/1

Notas

1. Carrillo Albornoz y Galbeño, y Sequera Martínez 1997, 229.
2. El buque *Príncipe de Gales* al mando del almirante Harvey dotado de noventa y ocho cañones, el navío *Bellota* al mando del capitán George Wilson, *Vengeance* al mando del capitán Thomas MacNamara Russel, *Invencible* al mando del capitán William Cayley, *Scipio* al mando del capitán SydneyDavers, cada uno de ellos dotados de sesenta y cuatro cañones. Se unieron a la flota las fragatas *Arethusa y Alarm,* varias corbetas denominadas *Favourit, Zabra, Zephyr, Thorn y Victoriesue* y un barco mortero conocido como *Terror*. Alonso y Flores Román 1998, 180; CÓRDOVA 1831, 77.
3. Coll Cuchi 1947, 37; Martínez Martínez 1985, 82.
4. Diario y documentación del sitio de los ingleses a la ciudad de Puerto Rico en 1797. En Tapia y Rivera 1854, 550-587.
5. Brau 1971, 181
6. Córdova 1831, 105.
7. *Expediente Matrimonial de Juan Manuel de la Cruz.* Archivo General Militar de Segovia, 1ª/ C-3882
8. *Hoja de Servicios Militares de Juan Manuel de la Cruz.* Archivo General de Simancas, SGU, LEG, 3794, c.1, folio 193
9. *Hoja de Servicios Militares de Juan Manuel de la Cruz*. Archivo General de Simancas, SGU, LEG, 5837, c. 5, folio 200
10. *Juan Manuel de la Cruz.*Archivo General de Indias, Arribadas, 518,N.370
11. *Colección Aparici*. Archivo General Militar de Madrid, vol. 57, caja 7100, pág. 1194

12. Bartolomé Fammí Notari nació en 1745 en Lugano (Italia). Fue discípulo del arquitecto Ventura Rodríguez, trabajó en Sierra Morena como delineador bajo las órdenes de Pablo Olavide y desde allí fue enviado a la ciudad de Barcelona con el cargo de Maestro Arquitecto y Director de Obras, con el fin de trabajar en la reedificación de la lonja de la ciudad y el edificio del consulado. Tras su estancia en dicha ciudad, fue enviado a la isla de Puerto Rico el 8 de octubre de 1772 como Maestro Arquitecto de las Reales Obras de Fortificación, para trabajar en las obras civiles y militares que se estaban construyendo en ese momento en la ciudad de San Juan. Desembarcó en la isla en enero de 1773, trabajó en la reedificación del puente de Martín Peña, diseñó el hospital de la Caridad, dirigió las obras de reparación del Palacio Episcopal y diseñó varias esculturas para la fuente de San Antonio construida cerca del puente y el caño del mismo nombre. Contrajo matrimonio en la ciudad de San Juan con doña Rita Josefa Ramos –natural de la ciudad de Cádiz– el 7 de diciembre de 1777, redactó su testamento el 28 de febrero de 1792 en el pueblo de Toa Alta y falleció en la isla el 3 de marzo de 1792 tras padecer una larga enfermedad. Castro Arroyo 1976, 116-117
13. *Cartas, expedientes y duplicados de Gobernadores.* Archivo General de Indias,Santo_Domingo,2315
14. Castro Arroyo 1976, 117
15. Ingresó en el ejército español con el grado de cadete en 1767, sirvió en el regimiento de África durante tres años, estudió en la Academia de Matemáticas de Barcelona y el 14 de agosto de 1770 fue ascendido a subteniente e ingeniero ayudante. Fue enviado a trabajar a San Fernando, Figueras, Mallorca y Menorca, con el fin de construir varias obras defensivas. Participó en el sitio de Gibraltar, desde donde fue enviado a trabajar de nuevo a Cataluña, con el fin de elaborar un plano topográfico que mostrara los límites de España y Francia en la zona de los Pirineos, labor que desarrolló durante once años aunque no llegó a terminar dicho plano, como consecuencia de la Guerra de los Pirineos o de la Convención que enfrentó aEspaña y Francia entre 1793 y 1795. Su hoja de servicios militares permite conocer los ascensos que obtuvo en su carrera militar: el 10 de septiembre de 1776 fue ascendido a teniente e ingeniero extraordinario, el 1 de enero de 1783 a capitán e ingeniero ordinario, el 21 de marzo de 1785 a capitán, en 1793 a teniente coronel, un año después a coronel e ingeniero segundo, en 1807 fue nombrado teniente del rey y un año después fue ascendido a brigadier de infantería. *Tomás Sedeño. Hoja de Servicios Militares*. Archivo General Militar de Segovia, 1º/S-2214 y *Tomás Sedeño. Hoja de Servicios Militares*. Archivo General Simancas, SGU, LEG. 3793, c. 2, folio 111; SGU, LEG, 5837, c. 1, folio 82; SGU, LEG, 5837, c. 2, folio 86; SGU, LEG, 5837, c. 3, folio 95; SGU, LEG, 5837, c. 4, folio 52 y SGU, LEG, 5837, c. 5, folio 59; Angulo Iñiguez 1939, 589; Castro Arroyo 1979, 25-52.
16. *Plano del Fuerte Castro*. Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-14/7 y *Trinchera de la Candelaria situada en la Boca de Toa.* Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-14/8
17. Negroni 1992, 178. El río de la Plata nace en la Sierra de Cayey, tiene una longitud de 73 kilómetros y es considerado el río más largo, caudaloso y estrecho de la isla de Puerto Rico. Los ríos Usabón, Hondo, Arroyato y Barraquitas, son sus afluentes más importantes. *Los Municipios de Puerto Rico su cultura y su historia: Toa Baja*. 1992.Santurce: Departamento de Educación
18. *Planta y demostración del puerto y barra de la cid. de Puerto Rco. de las indias juntamte. de la Barra y Puerto de toa, oculta hasta el año passado de 47 q se puso manifiesto a dos naos que en el entraron por horden del gobernador por cuya causa corre grave peligro la plaza de Puertorrico por ser Puerto capaz de muchas naos y abrigado para poder dar en el fondo siendo asiqn. en toda la costa de la isla de la parte del norte no poder dar fondo en ninguna parte que era su mayor defensa y su mayor padrasto es este puesto distante de la ciud. legua y media q. es a donde va el navioguntado y death puede entrar con sus lanchas por donde parese el organismo q. son brazas de fondo hasta la puerta sin q. la artilleria de dha. Plaza pueda defender // hizo esta planta. el cappn. Franco. Pisente durante año de 1660.* Archivo General de Indias, Mapas y Planos, MP-Santo_Domingo,60
19. *Cartas y expedientes de personas seculares de Puerto Rico.* Archivo General de Indias, Santo_Domingo,171
20. NEGRONI, 1992, 178
21. *Trinchera de la Candelaria situada en la Boca de Toa.* Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-14/8
22. Toro Sugrañes 1995, 383
23. *Planta y demostración del puerto y barra de la cid. de Puerto Rco….*(vid nota 18)
24. *Los Municipios de Puerto Rico….*op. cit., 24
25. Véase tesis doctoral de Rosario Natal, Carmelo. 1973. *Puerto Rico y la crisis de la guerra hispanoamericana (1895-1898)*
26. Plano que compreende el terreno desde la Plaza de Sn. Juan de Pto. Rico hta. parte del Condado, en el q. se manifiestan todas las Obras provisionales executadas después de la invasión, o tentativa de los Yngleses en el año de 1797 de orden del Señor Capn. General de esta Ysla el Mariscal de Campo Don Ramon de Castro. Archivo General Militar de Madrid, Cartoteca, PRI-24/1
27. *Expediente Matrimonial de Juan Manuel de la Cruz* (vid nota 7)

Lista de Referencias

Alonso, María Mercedes y M. Flores Román. 1998. *El Caribe en el siglo XVIII y el ataque británico al puerto de Puerto Rico en 1797*. Puerto Rico: Publicaciones Puertorriqueñas.

Angulo Iñiguez, Diego. 1939. *Planos de monumentos arquitectónicos de América y Filipinas existentes en el Archivo de India.* Sevilla: Laboratorio de Arte

Brau, Salvador. 1971. *Historia de Puerto Rico.* San Juan de Puerto Rico: Ediciones Porta Coelli

Capel, H., L. García, J. Omar Moncada, F. Olive, S. Quesada, A. Rodríguez, J. E. Sánchez y R. Tello. 1983. *Los ingenieros militares en España. Siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial*. Barcelona: Universidad de Barcelona

Carrillo y Albornoz y Galbeño, Juan y Luis de Sequera Martínez. 1997. *Abriendo caminos. Historia del arma de ingenieros*. Madrid: Editorial Los autores.

Castro Arroyo, María de los Ángeles. 1976. *Arquitectura y Urbanismo en San Juan de Puerto Rico (siglo XIX).* Madrid: Tesis Doctoral de la Universidad Complutense de Madrid inédita

Castro Arroyo, María de los Ángeles. 1979. «La Fortaleza de Santa Catalina. Apuntes para una historia de su arquitectura». *Cuadernos de la Facultad de Humanidades,* Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 2, 25-52.

Coll Cuchi, Víctor.1947. *Reseña histórica sobre la ciudad de San Juan de Puerto Rico*. San Juan de Puerto Rico: Biblioteca de Autores Puertorriqueños

Córdova, Pedro Tomás. 1831, *Memorias gráficas, históricas, económicas y estadísticas de la isla de Puerto Rico*. Tomo III, Puerto Rico: Oficina del gobierno

Gutiérrez, Ramón. 2012. «Ingenieros militares en Sudamérica siglo XVIII». *IV Congreso de Castellología*. Madrid, 226-247

Los Municipios de Puerto Rico su cultura y su historia: Toa Baja. 1992. Santurce: Departamento de Educación

Martínez Martínez, Carmen. 1985. «Los problemas militares en la segunda mitad del siglo XVIII». En *Historia General de España y América*. Vol. XI. 2. Madrid: Rialp

Negroni, Héctor Andrés. 1992. *Historia militar de Puerto Rico.* San Juan de Puerto Rico: Instituto de Cultura Puertorriqueña

Tapia y Rivera, Alejandro. 1854. *Biblioteca histórica de Puerto Rico.* Puerto Rico: Imprenta de Márquez

Toro Sugrañes, José Antonio. 1995. *Historia de los pueblos de Puerto Rico*. San Juan: Editorial Edil.

Las reformas arquitectónicas del siglo XVI en la iglesia de San Francisco de Palencia

Julián Hoyos Alonso

Cuando a finales de 1580 los padres del convento de san Francisco de Palencia acudieron al cabildo de la Catedral con el objetivo de lograr la autorización necesaria para vender los tapices donados por Francisco de Carvajal, abad de Husillos, su intención era clara: conseguir los ingresos necesarios para «comenzar la obra en que se havía de convertir el dinero que por ellos se avía de dar».[1] Hasta ese momento, la iglesia del convento de san francisco, edificada a mediados del siglo XIII, era un templo de una sola nave, con capillas entre los contrafuertes, y cubierta por una armadura de madera en su nave central que se sustentaba sobre arcos diafragma.

A lo largo del siglo XVI, el edificio sufrió una serie de reformas que comenzaron por modificar la capilla mayor a instancias de sus sucesivos patrones —don Juan de Castilla, obispo de Salamanca, y don Enrique de Toledo e Isabel de Mendoza— y culminarían con la sustitución de la primitiva cubierta de madera por unas bóvedas de ladrillo.

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis arquitectónico de la iglesia de san Francisco, en el que nos acercaremos al edificio gótico y a las modificaciones e intervenciones acometidas en el mismo durante el siglo XVI, las cuales determinaron su aspecto actual. Así mismo, se valorará la posible participación de Bartolomé Solórzano en la reconstrucción de la capilla mayor y se aportará nueva documentación sobre la obra de la nave central.

Los orígenes del convento

La presencia franciscana en Palencia se remonta al siglo XIII. La fecha exacta de fundación del monasterio en la ciudad se desconoce, aunque como relata el padre Calderón (2008, 198)[2] desde «los años de 1200» el cenobio ya tenía actividad. La noticia más antigua sobre el mismo la encontramos en un breve del año 1239 dado por Gregorio IX, donde se constituían como protectores y conservadores del convento al Obispo, Deán y Chantre de Palencia (Calderón 2008, 197). Su ubicación en el entramado urbano de la ciudad también revela la antigüedad del edificio y los orígenes del monasterio, el Arcediano del Alcor nos dice que en «algunas crónicas viejas de España le ponen extramuros de la ciudad de Palencia, lo cual no pudo ser sino muchos años antes de agora, pues vemos que agora está en el medio de la ciudad» (Fernández 1976, 59). En los planos más antiguos de la ciudad de Palencia se muestra la vasta extensión de terreno que llegó a ocupar el cenobio entre edificios y tierras de cultivo, así se observa en el publicado por Ponz (1783, 146-47) o en el de Francisco Coello de mediados del siglo XIX (figura 1).

A pesar de que las sucesivas pérdidas de documentación[3] nos impiden reconstruir con exactitud los diversos acontecimientos y cambios artísticos acaecidos en el convento (Martínez 1990, 120), tenemos constancia de la relevancia de este cenobio en el campo religioso, político y civil de la Baja Edad Me-

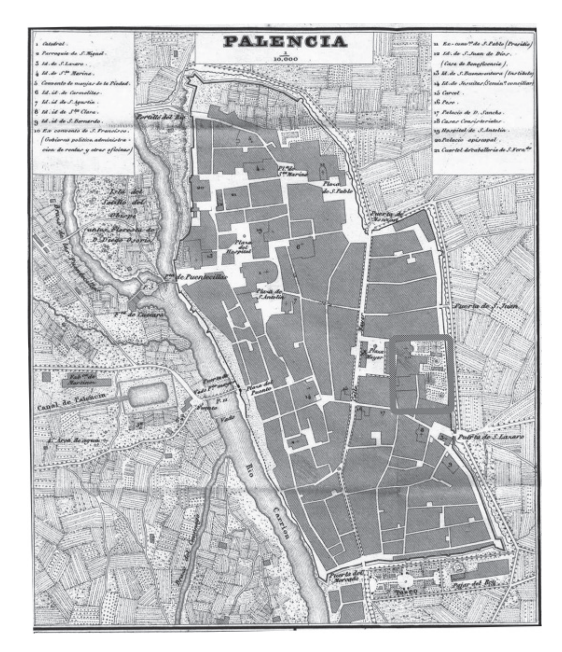


Figura 1
Plano de la ciudad de Palencia en el siglo XIX por Francisco de Coello (1852). Se ha señalado la ubicación y dimensión del monasterio

dia palentina. En él se hospedaron monarcas,[4] se celebraron Cortes de Castilla (1313)[5] y durante muchos años fue el principal centro de los Frailes Menores en la región, adquiriendo la categoría de cabeza de custodia. Así mismo albergó un *studium generale* de la Orden «que precedió, coexistió y subsiguió a la de los Estudios de la Universidad palentina» (Navarro 1946, 139). La relevancia del monasterio también se puede valorar a través de los personajes que eligieron su iglesia como lugar enterramiento, un extremo que favoreció el ornato del templo; así sabemos que en la capilla mayor se mandó enterrar el infante don Tello,[6] hermano de Enrique II, señor de Vizcaya y de Aguilar, el mismo espacio fue ocupado a principios del siglo XVI por el obispo de Salamanca don Juan de Castilla y su hijo del mismo nombre. Sus sucesores en el mayorazgo, doña Isabel de Mendoza y su marido don Enrique de Toledo, continuaron con la labor de mecenazgo emprendida por el prelado en la capilla. Otros personajes de diversa consideración también eligieron alguna parte del templo para su sepultura como don Diego López de Haro,[7] Blanca Enríquez emparentada con los Vega, descendientes del señor de Grajal (Martínez 2002, 11-2), la familia Sarmiento (Villa 2011) o el pintor Juan de Villoldo (Parrado 1979, 145).

La iglesia de san Francisco

La iglesia de san Francisco ha merecido la atención de varios estudios dependiendo del objeto de análisis: la arquitectura gótica en la ciudad de Palencia (Martínez 1989), la arquitectura religiosa del siglo XVI en la provincia palentina (Zalama 1990) o el arte de las órdenes mendicantes en la misma demarcación provincial (Martínez 1990). En todos ellos se pone de relieve las transformaciones acontecidas en el templo desde su construcción, que modificaron su primitiva fisionomía, adaptando el interior a los nuevos gustos o necesidades y a los intereses particulares de las élites palentinas.

Las noticias más antiguas sobre el templo franciscano palentino vienen dadas por el padre Calderón, quien nos aclara la existencia de una iglesia anterior al actual, edificada para la primera comunidad monástica, caracterizada por su robustez y pequeñas dimensiones, decorada «con mucho arte de lacería y molduras de aquel tiempo de singular curiosidad»[8] (Calderón 2008, 197). Este primitivo edificio, que aún permanecía en pie en el siglo XVIII, se situaba a los pies de la iglesia actual, en el lado del evangelio, como se infiere del hecho de que una parte del mismo se hubiera tomado para hacer la capilla de santa Catalina de Bolonia (Martínez 1990, 125).

El templo, que en la actualidad perdura, fue finalizado, al menos en parte, en torno al año 1246. Esta fecha viene determinada por un Breve de Inocencio IV, expedido ese mismo año en Lyon, donde se daba autorización a la comunidad para «trasladar su iglesia de la primitiva que hoy subsiste, a la grande que goza hasta hoy, ya fabricada en este tiempo a expensas y limosnas de los fieles» (Calderón 2008, 196).[9] A pesar de las reformas y modificaciones que han transformado la construcción, aún se conservan elementos esenciales y bien visibles en el mismo como son la planta, partes de los alzados o la fachada. A través de los cuales podemos apreciar que la iglesia se caracterizaba por la austeridad y la pureza de líneas, presentando una serie de rasgos comunes a otros templos franciscanos edificados en el mismo

siglo; de una sola nave con capillas entre los contrafuertes —abiertas y modificadas en diferentes momentos históricos—, con crucero y cabecera poligonal. La nave se cubría con una armadura de madera, apoyada sobre arcos diafragma aún visibles y cumpliendo la misma función sustentante para la que fueron concebidos (Martínez 1990, 125).[10] Los grandes ventanales geminados que perforaban la parte alta de los muros, fueron cegados parcialmente tras la reconstrucción del siglo XVI. En algunos casos, las capillas laterales poseían un sistema de iluminación similar, como se puede apreciar en la parte exterior de muro meridional del templo donde se han descubierto unos ventanales geminados que cumplirían esa función.

Sobre la organización de la primitiva cabecera existen numerosas dudas, pues tras las diversas reconstrucciones y modificaciones acometidas en el siglo XVI resulta complicado resolver su fisionomía. No se cuestiona la antigüedad del arco triunfal, así como los que permiten la entrada a las capillas laterales, su forma apuntada y la decoración en zig-zag nos indican que forman parte del proyecto original, respetándose en las sucesivas reformas (figura 2). El problema principal al que nos enfrentamos cuando analizamos este espacio se presenta en los ábsides. Sabemos que el central fue reconstruido a principios del siglo XVI, adquiriendo mayores dimensiones que el precedente. En cuanto a los laterales, Martínez (1990, 128-29) considera que pudieron formar parte de una hipotética reforma de la capilla mayor acometida en el siglo XIV, de la que tan sólo se respetaron los respectivos arcos de ingreso, aunque no descarta la posibilidad de que se construyeran como les vemos en la actualidad. Al contrario, Cuadrado (1991, 296) supone que estos fueron, junto con los accesos, los únicos elementos respetados en las reformas de la cabecera. En nuestra opinión, esta última parece ser la opción más plausible.



Figura 2
Iglesia de san Francisco (Palencia). Vista del interior y arco triunfal (Fuente: Autor)



Figura 3
Iglesia de san Francisco (Palencia). Vista de la fachada y pórtico de entrada (Fuente: Autor)

En el exterior se conserva casi intacta la fachada, dotada de gran sencillez, flanqueada por dos contrafuertes y rematada por un piñón, en cuya parte central se abre un rosetón (figura 3). Además, se encuentra precedida por un pórtico de piedra, habitual en otras construcciones franciscanas, aunque tan sólo el palentino mantiene su organización original (Cuadrado 1991, 483).

La reconstrucción de la capilla mayor y el patrocinio del obispo don Juan de Castilla

El obispo don Juan de Castilla (c. 1460-1510), hijo de Sancho de Castilla y de Beatriz Enríquez, ejerció diversos cargos de relevancia como los de rector en Salamanca, consejero de los Reyes Católicos y obispo de Astorga (1494-1498) y Salamanca (1498-1510). Al igual que otros miembros de la estirpe, el prelado fue

un perfecto conocedor de la función que desempeñaban el arte y la promoción de obras artísticas en la exaltación personal y del linaje. Así, tenemos constancia de que financió diversas obras en la ciudad de Palencia, como parte de las vidrieras de la catedral, donde campeaba su heráldica,[11] o la reconstrucción del coro de la iglesia de san Francisco de la misma ciudad, como se desprende de la presencia de sus escudos en el tramo delantero del alfarje y en las arquerías que lo sustentan (Viguri 2005, 118). En la misma armadura es visible la heráldica de otros benefactores del convento como Alvar González de León (†1475),[12] alcalde de la ciudad a mediados del siglo XV y administrador de las rentas episcopales, o las de don Gutierre de la Cueva (†1469),[13] obispo de Palencia entre 1461 y 1469 (Viguri 2005, 116). Todo ello nos indica que la fábrica pudo finalizase en la última década del siglo XV o en la primera del XVI,[14] sirviéndose de elementos procedentes del coro anterior.

Aunque la obra de mayor relevancia promovida por el prelado en la ciudad fue la reedificación de la cabecera de la iglesia del convento franciscano, que debía servir como panteón familiar. La Silva palentina nos dice que don Juan de Castilla, «en el año 1511, edificó la capilla mayor, allí está enterrado, donde primero estaba la sepultura del conde Don Tello, señor de Vizcaya, hermano del rey D. Pedro» (Fernández 1976, 59), un dato repetido por otros eruditos palentinos.[15] En opinión del padre Calderón (2008, 202-03), esta fue la mayor intervención acometida en el templo hasta el siglo XVII, siendo la «iglesia grande» la misma que se finalizó en torno a 1246, salvo la capilla mayor.

Desgraciadamente, no tenemos noticias sobre la construcción y proyecto de este espacio, aunque, por suerte, la obra ha llegado hasta nuestros días sin grandes cambios. Tenemos la certeza de que su promotor fue el obispo don Juan de Castilla, que la capilla mayor se extendía desde «el arco toral segundo que fixa por la parte del Evangelio en la esquina de la Capilla de Santiago y Santa Ana, y por la de la Epístola remata en la otra esquina, que es el altar y capilla de Sant Joseph» (Calderón 2008, 203), es decir, que el espacio reconstruido avanzaba desde el tramo de la nave central que corresponde al crucero hasta la cabecera, y que, probablemente, su profundidad terminó siendo mayor que la del ábside al que sustituía (figura 4). Podemos intuir esta última cuestión observando los muros exteriores de la cabecera.

El renovado espacio se cubrió con bóvedas de crucería estrellada, la del crucero con combados, a las que posteriormente se añadió una decoración pictórica que cubre toda la superficie de las mismas (Zalama 1990, 167).

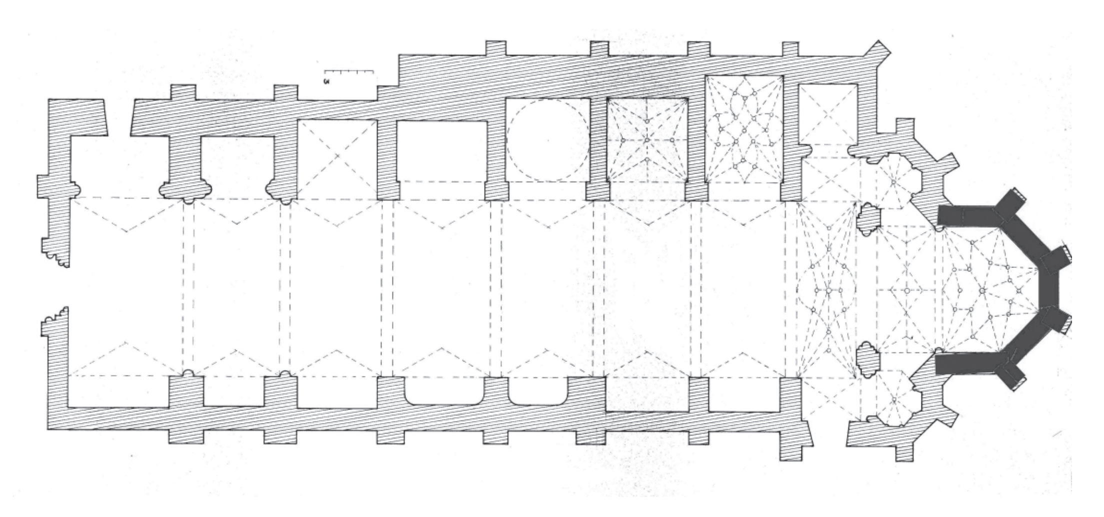


Figura 4
Plano de la iglesia de san Francisco. Se ha señalado la zona de la capilla mayor ampliada a principios del siglo XVI (Fuente: Autor)

La autoría del proyecto es una incógnita, aunque nos parece segura la participación de Bartolomé Solórzano en el mismo, algo que ya intuyó Martínez (1987a, 298). La labor de este Maestro en la ciudad de Palencia abarca una buena parte de la segunda mitad del siglo XV y la primera década del XVI, llegando a ostentar el cargo de Maestro Mayor del templo catedralicio palentino[16] En torno a 1508 Solórzano contrató el que sería uno de sus últimos proyectos en la ciudad, la capilla mayor de la iglesia de san Lázaro[17] (Vasallo 2000, 175-76). Esta obra se puede relacionar en varios aspectos con el templo franciscano: en ambos casos la intervención se centra en modificar la cabecera de unos edificios preexistentes que debían servir como panteón familiar, formalmente se resuelven de la misma manera —una cabecera poligonal con contrafuertes en su exterior rematados por pináculos— y, finalmente, ambas fueron promovidas por un miembro de la misma familia, la de san Lázaro fue patrocinada por don Sancho de Castilla, padre del obispo don Juan. Esto nos lleva a pensar que en ambas intervenciones se pudo recurrir al mismo arquitecto, siendo contratada en primer lugar la obra de san Francisco, en torno a 1505, una vez que el prelado se asentó en Palencia (Barriguín 2012, 423). Desgraciadamente, la comparación estilística de su interior es imposible, puesto que las bóvedas de la iglesia de san Lázaro se hundieron en los años 50 del siglo XX, tras un incendio en el templo. No obstante, lo que sí podemos apreciar es la similitud en los adornos exteriores de ambas cabeceras en cuyas cornisas se dispone una moldura de bolas, presentes en otros templos proyectados por Solórzano como el de santa Clara de Valladolid.

El proyecto del prelado de convertir la capilla mayor de san Francisco en un espacio funerario familiar fue culminado por don Enrique de Toledo y por su esposa doña Isabel de Mendoza,[18] hija de don Diego de Castilla y de doña Beatriz de Mendoza, sobrina del obispo don Juan (Viguri 2005, 119).[19] En la capilla existía una inscripción hoy desaparecida que aludía al patronazgo de estos personajes aportando nuevos datos sobre la misma:

> Esta capilla es de los muy Ilustres Señores Don Enrique de Toledo, Señor de las Cinco Villas, Presidente del Consejo de Órdenes y de la cámara del Emperador Carlos V, Thesorero General de Aragón, y de Doña Isabel de Mendoza, su mujer, los quales la hicieron, ilustraron y dotaron, dejando entre otras limosnas que hicieron a esta casa, cien mil maravedís cada tres años perpetuamente para los Capítulos Provinciales que se han de tener siempre jamás en este convento. Están sus cuerpos aquí sepultados. Acabóse año de 1565 […] (Calderón 2008, 202-03).

Intuimos que la fecha del rótulo se referiría a la decoración y dotación del espacio y no a su construcción, ya que serían estos personajes tras la muerte del obispo quienes financiarían el adorno de sus bóvedas y la contratación del retablo de su altar mayor, hoy perdido, «fabricado de relieve de media talla primorosísimo, y coge toda la testera del presbiterio; tiene en medio la imagen de María Santísima de rara hermosura, en el misterio de su gloriosa Asunción» (Calderón 2008, 202). Bajo su mecenazgo se añadirían las armas de los Mendoza y Toledo, que campean en los pinjantes que decoran las claves centrales de las bóvedas de la capilla mayor (figura 5).

La renovación de la cubierta de la nave central

Como ya se ha señalado, la nave central de la iglesia de san Francisco poseyó una cubierta de madera que se apoyaba sobre arcos diafragma, aún hoy patentes. Una tipología funcional y económica, muy extendida en la península, por la que optaron muchos cenobios en sus inicios. Desconocemos como era la armadura, y si ésta estaba pintada o poseía alguna decoración, ya que se refieren a ella como «el enmaderamiento que está… debajo de los tejados».[20] Las cubiertas de



Figura 5
Bóveda del ábside de la iglesia de san Francisco (Palencia). Detalle del pinjante de la clave central con las armas de los Toledo (Fuente: Autor)

madera estaban presentes en varias estancias del monasterio, entre todas ellas Calderón destacó «los artesones de las Aulas y generales donde leían los Cathedráticos, tan pintados y hermosos que se conoce bien fue fábrica más que para Religiosos pobres, además de hallarse hasta hoy en partes de dichos artesones pintadas las Armas Reales de Castilla y León en las cumbres de dichos artesones, manifiesto indicio de edificio regio» (Calderón 2008, 198). Los diversos incendios, expolios y la desamortización afectaron muy negativamente a las diversas estancias del monasterio y en especial a sus artesonados, que llegaron hasta el siglo pasado muy fragmentados. Navarro (1946, 141), en el Catálogo monumental de Palencia, señala la existencia de restos de estos conjuntos en diversas dependencias del cenobio, hoy desaparecidas. En la actualidad, como único vestigio de este tipo de cubiertas, nos ha llegado el artesonado de la antigua sala capitular realizado según el modelo «lazo de a ocho» (Martínez 1990, 127) (figura 6).



Figura 6
Artesonado de la antigua sala capitular del monasterio de san Francisco, Palencia (Fuente: Autor)

En época moderna, más concretamente en 1584, se acordó la sustitución de la techumbre de madera de la nave por bóvedas de ladrillo y yeso, lo que aportó una imagen renovada de la iglesia, más acorde con los nuevos gustos clasicistas imperantes en el momento. La intervención afectaría a las siete capillas del «cuerpo de la iglesia del dho monestrº que comienzan desde la rexa[21] de la capilla mayor della hasta el choro que al presente el alto y cubierta dellas es de madera y tabla, que… se hagan de bóveda de ladrillo y yeso y que los texados questan sobre las dhas capillas se deshagan y tornen a hazer y levantase mas altos de lo que al presente están»[22] (figura 7).

La ejecución de la obra se concertó con Miguel de Espinosa y Juan de Santiago, quienes debían realizarla conforme a una traza que ya había sido dada,



Figura 7
Interior de la iglesia de san Francisco (Palencia). Vista del cuerpo de naves desde la cabecera (Ca. 1584) (Fuente: Autor)

por lo que desconocemos al maestro que se encargó de la misma. El precio de cada capilla ascendería a ciento noventa y siete ducados[23] y debía mantenerse «en pie quatro años cumplidos y si durante el dho tiempo toda o parte della se cayere por defecto de no yr la dha obra como debía …la tornaran a hazer toda, o la parte que della se cayere…».[24] El convento se encargaría de proporcionar a los artífices el ladrillo, el yeso y la arena necesario para terminar la construcción «…de manera que no se les haga falta para que la dha obra cese después de comenzada…».[25]

Comparando las condiciones para ejecutar la obra, que se adjuntan al final de este documento, con la construcción que ha llegado hasta nuestros días, es evidente que el resultado final se ajustó al acuerdo firmado por ambas partes. A través de la lectura del documento, podemos intuir que uno de los principales objetivos del cenobio fue el de de unificar y armonizar el interior del templo, el cual poseía un perfil escalonado como consecuencia de la renovación de la capilla mayor acometida a principios de la misma centuria. Para lograr este fin, se elevaron los muros de la nave central hasta alcanzar el nivel de los de la cabecera, y las bóvedas se edificaron a la misma altura que las del presbiterio. En el exterior del templo podemos apreciar como se añadió una porción de muro sobre la pared gótica para lograr este objetivo.

El espacio abovedado se elevó a mayor altura que la armadura precedente, aprovechándose en la construcción los arcos diafragma góticos que compartimentaban y sustentaban la nueva cubierta. En cuanto a la nueva decoración, esta debía realizarse conforme a los dibujos que aparecían en la traza y en consonancia con las formas clasicistas, señalándose la presencia de frisos, cornisas y arquitrabes, además de artesones cuadrados y florones para guarnecer los arcos de piedra.

Para la iluminación del interior, se recurrió a seis nuevas ventanas, tres a cada lado, situadas a mayor altura que las precedentes para salvar las arquerías y bóvedas de las capillas ubicadas entre los contrafuertes. Todas las paredes debían ir enlucidas en blanco para ocultar el muro y unificar el aspecto del templo.

Conclusión

Durante el siglo XVI, la iglesia de san Francisco de Palencia se vio sometida a una transformación profunda que afectó fundamentalmente a la capilla mayor y a la cubierta de la nave central. En los textos que recogen las condiciones de las obras que debían acometerse en el templo, podemos apreciar el interés por adaptar las viejas estructuras a los nuevos gustos; los arcos apuntados se sustituirían por semicirculares, la decoración renaciente invadiría los antiguos muros y las cubiertas de madera, un material pobre y poco decoroso, desaparecerían en favor de unas nuevas bóvedas de ladrillo y yeso. La suma de estos cambios mudó el aspecto interior del templo, ofreciendo una imagen renovada en consonancia con los gustos del momento.

Estas obras encontraron financiación gracias al obispo don Juan de Castilla, quien promovió la reedificación de la capilla mayor para que esta sirviera de enterramiento familiar y, probablemente, a la venta de los tapices donados al monasterio por el abad de Husillos don Francisco de Carvajal.

Por último, debemos apuntar que entre las intenciones del monasterio también estaba la de procurar «por todas las vías posibles,… adornar [el templo] de capillas y altares».[26] Esta labor recayó en los patronos de las numerosas capillas, creadas o renovadas en este momento, como la de san Ildefonso, promovida por Alonso Díez y Juana Conejo y decorada por los Corral de Villapando, o la de san José, remozada por Gonzalo de Sobremazas a instancias de doña Ana Vizcaíno, que debía realizarse a «lo romano» (Fernández 1987, 143).

Documento

Las condiciones con que se ha de haçer la obra de la iglesia del señor san Fran[co] *desta ciudad de palencia*

AHPP, Protocolos, 6860, Francisco González (1583-86)

Primeramente q los off[es] que se encargare que se encargare dela dha obra que se ha de hazer que ha de ser hazer de bóveda de ladrillo y yeso las siete capillas que ay en el cuerpo de la dha iglesia q comiença desde la rreja de la capilla mayor hasta el coro a de haçer andamios y çimbres y moldes y cerchas y para ello a de poner la madera y todo lo demás que sea necesario y acabada la obra a de ser y quedar todo lo demás que sea necesario y acabada la obra a de ser y quedar todo lo que allí pusiere por suyo y llevarlo el

Yten que a de deshaçer el dho offial el enmderamiento que esta en las dichas capillas debajo de los tejados dellas y sin perjuicio de los dos texados…y a de des haçer los tejados y subirlos al alto de otra capilla questa sobre la reja de la capilla mayor y dejallos con el mesmo nebel q esta el mesmo tejado de aquella capilla y muy bien tejados e limpios

Yten se ha de subir las paredes de albañería todo el alto que fuere menester conforme como la otra capilla viene y haçer seis ventanas tres en cada lado al alto y al ancho q pareçiere q responda la vna con la otra

Yten mas se an de subir las enjutas de los arcos hasta los dos tercios y en lo demás haçer sus pilares al grueso de los mesmos arcos

Yten se han de romper los rincones pa jarjar las dhas capillas al ancho y al alto q combenga y maçizarlos de yelso puro y ladrillo y piedra a se de çerrar dende allí arriba de ladrillo de media asta y subir las formas al alto y venga correspondiendo con la otra capilla...

A se de haçer por debajo vn compartim[to] conforme a una traça que para ello esta dada y firmada, en lugar de cruçeros an de ser vnas franjas de dos dedos de grueso si mas les paresciere q mas gruesas sean y de tres partes de vn pie las dos de ancho an se de mesurar los campos de yelso y arena y dar /f. 116r/ vna colorçilla conforme a la que tiene la traça en cinco campos della...

7. A se de haçer vn frisso sobre los boçeles de los arcos, friso, cornisa y alquitraue a de tener la cornisa un pie de grueso y el friso y alquitraue lo que le tocare conforme a la orden de la cornisa y todo ello tendrá tres pies a alto.

8. Yten se a de guarnecer los arcos por debajo de artesones y florones quadrados y blanco limpios e bien tratados todas las paredes desde las formas asta el suelo a plomo, descostrar lo que fuere menester y mesurarles y enlucillo asta el suelo de man[a] que todo quede en blanco muy bien tratado y en buena perfection esto se a de açer como esta declarado y después de acabadas estas capillas se an de quitar las otras cinco todas de vna bez y deshacerse todos los texados y tornallos haçer…

9. Q lo qual a de dar el convento al offal y oficiales, yelso, arena, tierra, ladrillo, cal, paja y poço pa sacar agua y todos estos materiales an de ser y se an de dar puestos en el cuerpo de la yg[a]...

Con las quales condiciones se ara la dha obra según dho es y a nos de dar por las manos por cada capilla ciento y noventa y siete dus[o] que en todas siete capillas se monta mil y treçientos y setenta y nueve dus[o]…/f. 116v/

Yten el dicho oficial a de guarnecer alderredor la puerta del coro por la pl de dentro en todo lo que dieren lugar las sillas del

Yten q a de echar una faxa blanca de yeso alrededor de la ventana que esta en m[o] del dho coro

Yten que se a de obligar el dho oficial a que por leuantar la iglia y deshacer el texado tornarle a hazer no uendra daño a las paredes de la yglia y el q viniere se a de obligar a pagalle

Yten que se an de errar las ventanas de la iglia q ahora están de ladrillo firme de modo que quede toda la pared del nivel y mazizas…

…en s[t] fran[co] de pal a 20 de julio de 1584

(rúbricas)

Notas

Este trabajo se ha realizado gracias a una ayuda para la investigación financiada por el Programa FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (Ref.: AP2010-2813). Así mismo, se enmarca dentro de la labor investigadora del G.I.R. «Identidad e Intercambios Artísticos. De la Edad Media al Mundo Contemporáneo» (IDINTAR), de la Universidad de Valladolid, y del proyecto: «La Materialización del Proyecto. Aportación al conocimiento del proceso constructivo desde las fuentes documentales (Siglos XVI-XIX)» (Ref.: HAR2013-444039).

1. Archivo de la Catedral de Palencia (en adelante: ACP), Actas capitulares 1581-1585, Lunes 6 de marzo de 1581. El sábado 11 de marzo del mismo año el cabildo efectuó la compra. En el testamento, el Abad precisó el lugar del cenobio palentino elegido para su enterramiento: «que mi cuerpo sea sepultado en el monasteryo de señor san Francisco desta cibdad de Palencia en la claustra frontero de la imagen del señor san Francisco», Archivo Histórico Provincial de Palencia (en adelante AHPP), Protocolos, Andrés Sánchez, 10562 (1551).
2. En varios textos se relaciona la presencia de san Francisco en España el año 1214 y la fundación de conventos franciscanos como el de Palencia.
3. Tras los incendios de 1580 y 1659, el acuartelamiento de las tropas napoleónicas y la desamortización decimonónica.

4. La vida de Fernando IV «peligró… por efecto de una cruel enfermedad que pasó en el Convento de san Francisco» (Álvarez 1898, 120).
5. Las reuniones tuvieron dos escenarios diferentes, dependiendo de la facción por la que hubieran tomado partido los participantes, el convento de san Pablo y el de san Francisco: «Et los perlados et Procuradoes de los Concejos que fincaron en la ciubdat ficiéronse todos dos partes, et los unos de la parte de la Reyna et del Infante don Pedro ayuntátonse en Sant Francisco et los del Infante don Joan ayuntáronse en sanct Pablo» (Galindez 1953, 76). San Pablo fue sede de las cortes en 1286 y 1388 (González 2003, 146-147).
6. «En este año [1370] a quince días de octubre morió el Conde Don Tello Señor de Vizcaya e de Lara…, yace enterrado… en el Monesterio de Sant Francisco de Palencia…» (López 1780, 19).
   «…murió en Cuenca de Campos, el conde D. Tello, Señor de Vizcaya y hermano de los Reyes don Pedro y D. Enrique, é hijo bastardo de D. Alonso XI, que dispuso ser enterrado en la Iglesia de San Francisco de Palencia, y á ella fué trasladado pomposamente en el año de 1370, en que falleció, restos que yacen ocultos en el día» (Álvarez 1898, 145).
   Para un mejor conocimiento del sepulcro del infante don Tello y su enterramiento en el templo ver: Martínez 1987b.
7. En el testamento de D. Diego López de Haro se dice que su cuerpo sea enterrado en la iglesia del convento de san Francisco de Palencia.
8. Martínez sugiere que la palabra lacería se refiere a los alfarjes que cubrían el edificio, «habida cuenta de la prohibición expresa a dominicos y franciscanos de abovedar en piedra en los primeros tiempos de sus Órdenes» (Martínez 1989, 91).
9. «Del hay memoria en el año 1246» (González 1647, 137).
10. Castillo (1973, 323-27) incluye al templo franciscano palentino dentro de la tipología de iglesias de una sola nave con capillas, cabecera poligonal y crucero, como san Francisco de Palma de Mallorca o san Francisco de Cáceres.
11. Este prelado ya había beneficiado a la catedral palentina, donde fue canónigo, donando doscientos ducados para que todos los años se dijese una misa de difuntos en su memoria, así mismo sufragó la realización de «dos vidrieras grandes en el cruzero, donde están sus escudos de armas» (Juan de Arze, Ceremonial consuetudinario de la iglesia de Palencia, ACP. Biblioteca de libros manuscritos, n. 128, f. 31r). En las Actas Capitulares de la Catedral de Palencia del año 1503, se mandan estañar las vidrieras del crucero de «la dicha iglesia… en alguan dellas aya las armas de señor obispo don pº de buena memoria obpo que fue de la dha yglia y del señor don sancho de castilla y de señor don juº de castilla obpo de salamanca, su hijo…», ACP, Libro de Actas capitulares 1501-1510, f. 74 r.
12. Se mandó enterrar en una capilla que adquirió en el portal de la iglesia de san Francisco.
13. «Falleció este Prelado en Magaz en 27 de Abril de 1469 y sus restos, fueron trasladados al Convento de san Francisco de la villa de Cuellar, provincia y Diócesis de Segovia, patronato del señor Duque de Alburquerque… á cuya familia pertenecía el Obispo» (Álvarez 1898, 180). La relación de este prelado con la orden franciscana y su intención de favorecer al convento palentino explican la presencia de sus armas en este espacio.
14. Martínez (1990, 127) plantea que es una obra de hacia 1510.
15. «en el año de Mdxi edifico la capilla mayor el señor don Juan de Castilla obispo de Salamanca que allí está enterrado donde primero estava la sepultura del conde don Tello», Ascensio García, Juan, *Libro de la vida y martirio del glorioso San Antolín*. ACP, Biblioteca de libros manuscritos, n. 130, f. 49v). La labor promotora del prelado en el monasterio palentino se constata en otros documentos como el Consuetudinario del doctor Arce, en el que se dice que el día de Sant Agustín, el 28 de agosto, se debía decir una misa de difuntos por el señor don Juan de Castilla «…sepultado en el monasterio de sant Francisco desta ciudad en la capilla mayor que el hizo...» (Juan de Arze, *Ceremonial consuetudinario de la iglesia de Palencia*. ACP, Biblioteca de libros manuscritos, n. 128, f. 31r).
16. La última revisión sobre la labor del arquitecto en la ciudad de Palencia en Rumoroso (2010).
17. El primero en plantear la participación de Solórzano en esta iglesia fue Ortega Gato (1950, 57).
18. «…Doña Isabel de Mendoza, hija de Don Diego de Castilla, natural de esta ciudad de Palencia, y mujer de Don Enrique de Toledo, Presidente de el Consejo de Órdenes, dexo cien mil marauedis de renta, para que en Palencia se celebrasse este Capítulo» (Fernández [1679] 1981, 162).
19. El autor señala que la cesión del patronato de la capilla se firmó con el convento en 1562, tras la muerte de Enrique de Toledo.
20. AHPP, Protocolos notariales, 6860, Francisco González (1583-86), f. 116r.
21. La reja se situaba entre los pilares de las capillas más próximas al presbiterio, separando la nave central de la capilla mayor. En el año 1675 se retiró «…la reja del cuerpo de la iglesia y tres lechos de sepulturas» (Calderón 2008, 202-203).
22. AHPP, Protocolos notariales, 6860, Francisco González (1583-86), f. 113r.
23. «…por cada vna de las dhas siete capillas y obra de paredes y texado que en cada vna dellas se ha de hazer

que en todas ellas se montan mil e trecientos y sesenta e nueve ducados los quales pagara en buena moneda de rreales de plata…», *Ibíd.*, f. 115r.
24. *Ibíd.*, f. 113v.
25. *Ibíd.*, f. 114v.
26. AHPP, Protocolos notariales, Fernando Castrillo (1554-1559), 6563, f. 354.

Lista de referencias

Álvarez Reyero, Antonio. 1898. *Crónicas episcopales palentinas o datos y apuntes biográficos, necrológicos, bibliográficos e históricos de los señores obispos de Palencia.* Palencia: Establecimiento Tipográfico de Abundio Z. Menéndez.

Barriguín Fernández, Hipólito. 2012. «El obispo salmantino Juan de Castilla (1498-1510) y su mecenazgo palentino». *Archivo Ibero-Americano* 72 (271): 415-48.

Calderón, Francisco. 2008. *Primera parte de la crónica de la santa provincia de la purísima concepción de nuestra señora de la regular observancia*. Transcripción y notas de H. Barriguín Fernández. Valladolid: Diputación Provincial de Valladolid.

Castillo Utrilla, M. J. 1973. «Tipología de la arquitectura franciscana española desde la Edad Media hasta el Renacimiento». En *Actas del Congreso de Historia del Arte. Vol. I.* Granada: Universidad de Granada

Cuadrado, Marta. 1991. «Arquitectura franciscana en España (siglos XIII y XIV)». *Archivo Ibero-Americano* 51 (203): 479-552.

Fernández de Madrid, Alonso, 1976. *Silva palentina*. Editado por Jesús San Martín Payo. Palencia: Diputación Provincial.

Fernández del Pulgar, Pedro. [1679] 1981. *Historia secular y eclesiástica de la ciudad de Palencia. Libro tercero*.
Palencia: Merino.

Fernández Martín, Luis. 1987. «La capilla de los Loyola en la iglesia de san Francisco de Palencia». En *Actas del I congreso de historia de Palencia: Castillo de monzón de campos, 3-5 diciembre 1985.* Vol. 1, 139-146. Diputación Provincial de Palencia.

Galindez de Carvajal, Lorenzo. 1953. «Crónica de Alfonso XI». En *Crónicas de los Reyes de Castilla. Vol. I*. Madrid: Ediciones Atlas.

González Dávila, Gil. 1647. *Teatro eclesiástico de las Iglesias metropolitanas y Catedrales de los Reynos de las dos Castillas*. Madrid: Imprenta de Francisco Martínez.

González Mínguez, César. 2003. «Palencia, centro de poder en la Edad Media». *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* 74: 125-48.

López de Ayala, Pero. 1780. *Crónicas de los reyes de Castilla*. Madrid: Imprenta de D. Antonio de Sancha.

Martínez González, Rafael Ángel. 1987a. «En torno a Bartolomé de Solórzano». *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* 57: 293-302.

Martínez González, Rafael Ángel. 1987b. «Testamento, muerte y sepultura de don Tello, señor de Vizcaya y de Aguilar». En *Actas del I congreso de historia de Palencia: Castillo de Monzón de Campos, 3-5 diciembre 1985.* Vol. 1, 123-138: Diputación Provincial de Palencia.

Martínez González, Rafael Ángel. 1989. *La arquitectura gótica en la ciudad de Palencia (1165-1516)*. Palencia: Diputación Provincial de Palencia.

Martínez González, Rafael Ángel. 1990. «Aproximación al estudio de los conventos franciscanos en la provincia de Palencia». En *Jornadas sobre el arte de las órdenes religiosas en Palencia (24 al 28 de julio de 1989),* director Martín González, Juan José, 111-148. Palencia: Diputación Provincial de Palencia.

Martínez González, Rafael Ángel. 2002. Dª Blanca Enríquez de Acuña, vecina ilustre de Palencia: [discurso de apertura del curso académico 2001/2002]. *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* 73: 5-39.

Navarro García, Rafael. 1946. *Catálogo monumental de la provincia de Palencia*. Palencia: Diputación Provincial de Palencia.

Ortega Gato, Esteban. 1950. «Blasones y mayorazgos de Palencia». *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* 3: 1-422.

Parrado del Olmo, Jesús María. 1979. «Testamento y otros datos de Juan de Villoldo». *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* 42: 134-52.

Ponz, Antonio. 1783. *Viage de España XI*. Madrid: Joachin Ibarra.

Rumoroso Revuelta, Gemma. 2010. «Bartolomé de Solórzano: Maestro de obras en la catedral de Palencia». En *Los últimos arquitectos del gótico,* coordinado por B. Alonso Ruiz, 363-398. Madrid: Elecé Industria Gráfica.

Vasallo Toranzo, Luis. 2000. «Bartolomé de Solórzano. Nuevos datos y obras». *Boletín Del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA* 66: 163-80.

Viguri, Miguel de. 2005. *Heráldica palentina I. La ciudad de Palencia*. Palencia: Diputación Provincial.

Villa Calvo, Nicolás. 2011. «La capilla de los Sarmiento en san Francisco de Palencia». *Publicaciones de la Institución Tello Téllez de Meneses* (82): 269-87.

Zalama, Miguel Ángel. 1990. *La arquitectura del siglo XVI en la provincia de Palencia*. Palencia: Diputación Provincial de Palencia.

Arquitectura Puuc: sistemas constructivos y restauración

José Huchim Herrera
Lourdes Toscano Hernández

Entre los años 500-1000 d.C. (Andrews 1986, 88) en el suroeste de Yucatán se desarrolló un estilo arquitectónico particular, que se ha denominado Puuc, vocablo maya que significa serranía (figura 1). Este tipo de arquitectura empleó un sistema constructivo novedoso, conocido como mampostería de recubrimiento o «encofrado perdido». Se caracteriza además por utilizar morteros de alta calidad que permitieron crear espacios techados más amplios y elaboradas fachadas de mosaicos de piedra.

En este trabajo expondremos las características de los sistemas constructivos de la arquitectura Puuc; los procesos naturales de deterioro que han convertido en ruinas estos magníficos edificios y la aplicación de estos conocimientos al proceso de restauración, lo que nos ha permitido reintegrar, por anastilosis, la mayor parte de sus elementos.w

El estilo Puuc

El estilo Puuc se popularizó y fue dominante durante cerca de cinco siglos durante los cuales se extendió por una amplia región en donde se localizan sitios como Uxmal, Kabah, Sayil, Xlapak, Labná y Oxkintok, solo por mencionar a los más conocidos.

Iniciando en la región de Oxkintok, y durante casi 500 años de existencia, el estilo Puuc tuvo una serie de transformaciones que evidencian un desarrollo local. De acuerdo con Harry Pollock (1980), este se subdivide en cuatro estilos que denominó: Oxkintok Temprano; Proto Puuc; Puuc Temprano y Puuc Clásico. En los estilos Oxkintok Temprano y Proto Puuc encontramos edificios que muestran un torpe dominio del labrado de las piedras y de las técnicas constructiva conocidas como mampostería de recubrimiento (figura 2), así como una técnica decorativa basada en la elaboración de estucos modelados, por lo cual son considerados como los precursores de la tradición arquitectónica que se consolidó y extendió su influencia por toda la región y aun en ciudades como Thó, Dzibilchaltún, Yaxuná y Kulubá.

En el estilo Puuc Temprano vemos que las técnicas tanto de tallado de piedra como constructivas están consolidadas, pero aún no se utiliza la decoración de mosaico, ya que ésta requería del perfeccionamiento de la lapidaria y una organización más compleja, que permitiera producir en serie los elementos decorativos.

Durante el estilo Puuc Clásico, ya con utilización de mosaicos de piedra en las fachadas, esta tradición arquitectónica alcanza su máximo apogeo y vemos que los mayas dominaban todas las técnicas constructivas y de cantería que les permitieron crear los majestuosos edificios que aun ahora causan admiración en todo el mundo.

Pocos años después de la publicación de la obra de Pollock (1980), el arquitecto George Andrews retoma los tres primeros estilos de su clasificación, que son el Oxkintok Temprano (550-610 d.C.), el Proto Puuc (610-670 d.C.) y el Puuc Temprano (670-770d.C.); y

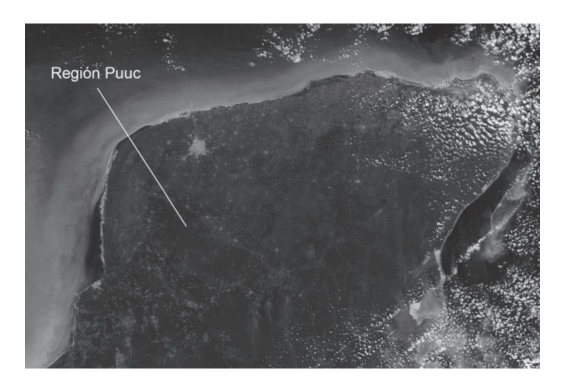


Figura 1
La península de Yucatán y la ubicación de la Región Puuc. Imagen tomada de la página oficial de la NASA

al estilo Puuc Clásico o Tardío, lo subdivide en Junquillo (750-ca.830 d.C.); Junquillo-Mosaico (830-1000 d.C.) y Uxmal Tardío (1000-1050 d.C.).

Sistema constructivo

Basamentos

Todos los edificios Puuc, están desplantados sobre basamentos cuyas características y dimensiones son muy variadas. Hay algunos que sirven para sostener varios edificios, los cuales rebasan los 100m por lado, pero acá nos centraremos en los llamados basamentos de edificio, que sirven como sólidos cimientos sobre los que desplantaron las construcciones (figura 3).

Los basamentos tienen un muro de contención externo, elaborado con piedras labradas algunas toscas y otras bien talladas e incluso hay algunos ejemplos que presentan piedras de recubrimiento. El relleno está formado por piedras de diferentes tamaños, bien acomodadas y afianzadas con cuñas. Por lo general los mayas prehispánicos colocaron sobre el terreno natural las piedras más grandes y a medida que alcanzaron la altura deseada el tamaño disminuyó hasta tener

Figura 2
Imagen de edificio en corte; señalando el sistema constructivo. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal



Figura 3
Grupo Este de Kabah, desplantado sobre un gran Basamento. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

como acabado final una cama de piedras pequeñas, conocidas localmente como *chi´ich* que sirvió de base al aplanado de estuco que formó la superficie.

Cuando los basamentos tuvieron más de 1.50m de altura, los rellenos tuvieron un soporte adicional ya que los mayas construyeron muros de contención internos que formaron especie de cajones, que fueron rellenados de la manera ya descrita.

Zócalos

Un elemento característico de los edificios Puuc es el zócalo o rodapié (figura 4), que podríamos considerar como un reforzamiento de la cimentación, por lo regular los zócalos no rebasan los 70 cm de altura y son basamentos elaborados con muros de contención externos fabricados con piedra de recubrimiento, en concordancia con la decoración del friso. El relleno es similar al del basamento y la superficie es recubierta con una capa de estuco burda que algunos investigadores han denominado como «piso de trabajo», sobre la que desplantan los muros. La cima del zócalo sirve de piso al edificio.

Cimientos

Como hemos mencionado, el basamento de edifico y el zócalo sirven de «cimiento» a los edificios y no se han reportado ejemplos claros del cimiento como lo conceptualizamos actualmente, es decir, una prolongación de los muros que queda oculta debajo del piso. Sin embargo, en excavaciones realizadas en Uxmal al pie del desplante de los muros, encontramos en algunos casos una «mancha» de argamasa, colocada entre las piedras del relleno del basamento con la finalidad de reforzar esos sectores. Pero ésta no es una práctica común y aun en un mismo edificio no está presente en todos los paramentos.



Figura 4
Fachada poniente del Codz Pop de Kabah, con zócalo decorado con mascarones. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

Uno de los mejores ejemplos de lo que hemos denominado «muro de cimentación» fue hallado en el Edificio Este del Cuadrángulo de las Monjas de Uxmal y consiste en un muro que se desplanta sobre un relleno de piedras burdas, este elemento se prolonga hasta la superficie, en donde queda exactamente en la orilla del muro del edificio, pero no abarca todo el ancho del paramento. Dicho muro está construido

con piedras talladas en forma de bloques rectangulares, unidas con cuñas y argamasa.

Paramento Inferior

Los muros fueron construidos con la técnica de mampostería de recubrimiento, denominada así porque el núcleo es el que sostiene toda la carga del edificio, tanto en los paramentos inferiores como en las bóvedas, las piedras que dan el acabado final a la construcción no tienen ninguna función estructural y sólo sirven para cubrir el núcleo. Algunos investigadores sugieren que el término más adecuado sería «encofrado perdido» (Prem 1999, 33), ya que los sillares sirvieron de molde a los muros y bóvedas, pero al quedar unidas al núcleo, ya no es posible retirarlos.

Para fabricar los muros los mayas delimitaron el grosor de los paramentos de los cuartos o edificios con hiladas de piedras labradas para formar una especie de zanja, ésta se rellenó con un núcleo de piedras burdas de tamaño grande que van colocadas en el centro y están unidas con mortero de cal. Las piedras de recubrimiento[1] del muro tiene un corte peculiar, la cara expuesta es de forma cuadrangular, en tanto que la posterior es convexa, el perímetro del sillar se ajustó al núcleo colocando cuñas.

Hay que mencionar que en esta técnica se confeccionaba todo el grosor del muro en una sola etapa, colocando el revestimiento y el núcleo al mismo tiempo, fila por fila (Prem 1999, 33). Las piedras exteriores presentaban un mejor tallado y sus tamaños variaban; por lo general los sillares más grandes se colocaron en las hiladas inferiores. Cuando la altura de ambas caras se desfasaba, los mayas hacían un ajuste en el remate del muro el cual quedaba perfectamente nivelado y colocaban un enrase similar a un piso de estuco, sobre el que se colocaba la moldura media.

Accesos

En el estilo Puuc existen distintos tipos de accesos, aunque el predominante es el sencillo, en este elemento se puede observar de manera más concreta el proceso de perfeccionamiento de la técnica de construcción. Para las primeras fases los accesos son muy angostos y estuvieron elaborados con las mismas técnicas que los muros. Para el estilo Puuc Temprano se observa un mejor manejo de las técnicas de cantería y más seguridad de los constructores que se ve reflejada en el uso de vamos más amplios, piedras especializadas diseñadas como jambas y tienen un ligero desplome que hace que la parte superior de la entrada sea más angosta (figura 5).



Figura 5
Accesos del Cuadrángulo de las Monjas en Uxmal. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

En construcciones del estilo Mosaico las jambas presentan un mejor corte y estuvieron colocadas a plomo e incluso hay ejemplos donde son monolíticas. Los dinteles son elementos monolíticos bien tallados que cubre todo el claro, aunque algunos fueron hechos de varias vigas de madera

Techos

Si bien la mayoría de las construcciones del estilo Puuc estuvieron techados con bóvedas de mampostería, hemos encontrado algunos ejemplos de recintos de mampostería que estuvieron techados con materiales perecederos.

En general, la bóveda maya está formada por dos mitades que trabajan como unidades independientes, lo que impide una transmisión mutua de las cargas (Loten y Pendergast 1984; Prem 1999; Roys 1934). Por su diseño inclinado, la bóveda maya presenta un equilibrio inestable y por lo tanto tiene una tendencia natural al desplome, ya que el intradós traslada el centro de gravedad del muro hacia el interior del recinto, en donde no existe ningún punto de apoyo, de

ahí que la estabilidad de la bóveda radique en el buen funcionamiento del núcleo y del mortero, los cuales forman casi una unidad monolítica con los muros de carga (Roys 1934).

En condiciones normales, el peso de la bóveda y del friso es soportado de manera uniforme por los muros perimetrales (laterales y longitudinales), cuyas intersecciones se encargan de proporcionarles estabilidad. Aquí cabe destacar que un elemento importante de los muros longitudinales son los marcos de los vanos, formados por dinteles y jambas, ya que se encargan de soportar el peso de la bóveda y del friso en las áreas donde no existe el muro.

En los estilos más tempranos de la Región Puuc tenemos ejemplos de bóvedas de lajillas burdamente trabajadas, de poca altura. A partir del denominado estilo Puuc Temprano la bóveda es fabricada con piedras especializadas denominadas comúnmente «piedras-bota». Dentro de estas también existen variantes morfológicas, ya que hay algunas que tienen una espiga de cerca de 70cm.

La bóveda Puuc está formada por dos intradoses que tienen la siguiente organización: apoyado directamente sobre el muro se encuentra el arranque, que por lo general son las piedras mejor talladas de la bóveda, estas tienen una cara en bisel y una espiga que varía entre los 40cm y los 70cm de longitud, la cual va profundamente empotrada en el relleno. Generalmente las piedras del arranque van colocadas encima del elemento inferior de la moldura media, haciéndole contrapeso.

Posteriormente, los mayas colocaron las filas de piedras-bota; las hiladas inferiores están formadas por piedras de mayor tamaño que las superiores. Finalizando la bóveda se encuentra una pequeña banda que sirve para cerrar un poco más el claro dejado por los intradoses y para cerrar, se colocaba las piedras-tapa, término más adecuado que el de piedra clave. Todas las piedras que hemos descrito estuvieron afianzadas con un pesado núcleo.

Un aspecto interesante es que en algunos casos en el núcleo se emplearon piedras en forma de espigas, algunas de ellas miden hasta 60 cm de largo. Estas espigas estuvieron colocadas sobre la «cola» de las piedras «bota» y sirvieron para darle mayor estabilidad a las piedras de recubrimiento, ya que funcionaron como una extensión de la «cola».

En los estilos tempranos cuyo friso estuvo elaborado con piedras lisas con o sin recubrimiento de estuco modelado, los techos fueron construidos por capas que abarcaban desde el intradós hasta el friso, de manera similar a la de los muros.

Cuando los edificios tuvieron decoración de mosaico de piedra, las bóvedas fueron construidas como unidades independientes del friso, e incluso en algunos casos, el núcleo finalizaba en un muro de piedras burdas que además estuvo recubierto con un aplanado de estuco. Este procedimiento facilitó a los constructores la colocación de los elaborados mosaicos e inclusive permitió remover libremente la ornamentación de las fachadas sin causar daños estructurales. Sin embargo, este sistema constructivo crea una junta fría entre el núcleo de la bóveda y el friso, lo cual con el paso del tiempo y la falta de mantenimiento, origina una falla que ocasiona el desprendimiento de la fachada (Pollock 1980, 576; Prem 1999, 37).

Moldura Media

Conside1rada por muchos como un simple adorno, la moldura media forma una especie de «cadena» que rodea el contorno de la construcción (Gendrop 1997, 140). La moldura media es un elemento omnipresente en la arquitectura Puuc. En los períodos más tempranos está formada por una banda sencilla; para el estilo Puuc Temprano bordea la parte superior de las entradas, por lo que se ha llamado «moldura media quebrada» (Andrews 1986).

En los estilos Clásicos presenta una gran variedad en el diseño y los sillares tienen mejor factura, incluso podría decirse que son las partes mejores trabajadas del edificio. Estructuralmente la parte inferior de la moldura es la más importante, pues al estar bien amarrada al núcleo forma una «cadena» de refuerzo, a la vez que sirvió para soportar el peso del resto de la moldura media y de los frisos. Este miembro está formado por grandes lajas en bisel, que tienen espigas que oscilan entre 70cm y 90cm de largo, y que sobresalen en promedio 40cm de la vertical del muro.

Frisos

Los sillares de los frisos se unieron a la bóveda mediante un núcleo formado básicamente por piedras medianas y cuñas, unidas con mortero de cal. En los



Figura 6
Friso del Palacio del Gobernador de Uxmal. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

frisos también podemos observar variantes temporales; durante la fase junquillo algunos frisos presentan un desplome hacia adentro, similar a la inclinación que presentan los techos de palma. Durante la fase mosaico los frisos son más altos y presentan una ligera inclinación hacia afuera al parecer esta inclinación permite establecer una línea de goteo del techo hacia el piso sin escurrimiento por el friso y el paramento exterior (figura 6).

Cornisa

La cornisa es un elemento propiamente decorativo que en la mayoría de los casos es similar a la moldura media, pero sin el papel estructural; se pueden diferenciar los elementos de ambas molduras porque las cornisas no tienen espigas largas. Hay que mencionar que en los estilos tempranos no existen cornisas.

Proceso de deterioro de los edificios

Durante las labores de exploración y conservación de edificios Puuc, hemos observado que los agentes naturales que los afectan son: el crecimiento de vegetación, la absorción de agua, así como la erosión; se convierten en los principales factores de deterioro. Sin embargo la forma en que está construido el edificio, sus características arquitectónicas, sus dimensiones y su localización pueden propiciar una caída gradual o un colapso repentino.

Generalmente, las construcciones pierden el recubrimiento de la cubierta por falta de mantenimiento, en época de lluvias el núcleo se convierte en una esponja que absorbe la humedad, propiciando el incremento de peso del núcleo y debilitamiento de los materiales constructivos.

Durante la temporada de secas los materiales pierden humedad, lo que ocasiona disgregación. Además la humedad se filtra a través de la junta fría formada por los distintos tiempos de fraguado que existen entre el núcleo de la bóveda y el friso.

La primera falla estructural se origina en los dinteles, los cuales fueron diseñados para sostener una carga determinada, sin embargo el incremento en el peso de la bóveda origina su fractura y más adelante su caída.

Tiempo después se van desprendiendo los arranques y algunos elementos del intradós, este proceso paulatino ocasiona una caída desordenada de los elementos de recubrimiento.

En los edificios con recubrimiento de mosaico la formación de la junta fría origina que el friso se desprenda en bloque y sea la parte que se colapsa primero, cayendo en el frente del edificio. Este derrumbe en muchas ocasiones sirve de contrafuerte al paramento inferior y evita que se caiga.

Durante la excavación es fácil distinguir este proceso de deterioro, ya que los elementos decorativos se encuentran bocabajo, muy cercanos al nivel del piso y por lo general conservan una caída ordenada.

Existen también algunos ejemplos en donde el mal funcionamiento de los paramentos ocasiona que las bóvedas se derrumben antes que el friso, propiciando la caída de ambos elementos en grandes bloques. Este proceso se distingue fácilmente porque el derrumbe se va al interior del recinto y los elementos del friso quedan bocarriba y expuestos.

Por lo general la parte más afectada de los edificios son los paramentos frontales debido a que estructuralmente son los más vulnerables por la presencia de los claros. Además, a partir de la moldura media se integra el friso que añade un mayor peso al muro. El empuje que ejerce la bóveda sobre el muro finalmente acaba por derrumbar el sector central, ya que los muros medios generalmente se conservan en pie. Esto no significa que los paramentos se desplomen desde sus cimientos, pues por lo general encontramos *in situ* casi la mitad.

El intradós posterior se mantiene en pie aun cuando la mitad de la bóveda se ha desplomado y es el úl-

timo elemento en colapsarse. Este patrón se reconoce bien en la excavación ya que siempre se encuentra encima del derrumbe del intradós frontal. El muro posterior es el que mejor se conserva, pues el derrumbe le sirve como contrafuerte y por lo general lo encontramos hasta la altura del arranque de la bóveda.

Las crujías posteriores siguen un patrón similar, pero se derrumban después de que los cuartos frontales se han caído.

Hay que mencionar que en el sitio de Chacmultún hemos observado un patrón de caída distinto y aun cuando no tenemos datos de excavación, la disposición del derrumbe indica que la falla estructural está en las esquinas, la cuales se separan y los muros se colapsan desde los cimientos.



Figura 7
Estructura Sur de los Pájaros de Uxmal antes de su exploración. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

Técnica de excavación y registro

Como varios autores han señalado la excavación arqueológica es una de las partes más importantes de la intervención en edificios prehispánicos colapsados

> y debe ser obvio que una buena técnica de excavación es requisito previo e indispensable para una adecuada restauración. Una buena excavación permitirá obtener los datos suficientes y recuperar los elementos necesarios para una buena restauración, en tanto que excavaciones con técnicas defectuosas o en forma insuficiente aportarán menos datos, o datos menos seguros, que inevitablemente conducirán a una restauración defectuosa. (Molina 1975)

En la región Puuc se tiene una larga tradición de explorar los edificios utilizando técnicas arqueológicas que normalmente se aplicaban solo en la excavación de cuevas. El arqueólogo Rubén Maldonado Cárdenas fue el primero en utilizar esta técnica en la restauración del Juego de Pelota de Uxmal, en el año de 1975 y consistió en cuadricular el escombro y lo retiró usando capas métricas, lo que permitieron llevar un registro tridimensional. Como resultado «no solo se encontraron las piedras de las fachadas que se habían desplomado en forma casi integral, sino que estas en su mayoría conservaban en el suelo la posición relativa a su posición original en el paramento vertical» (Molina 1978, 13). Esta técnica permitió además identificar los sectores del edifico que habían sido alterados con anterioridad.

Otro aspecto sobresaliente es que el retiro del derrumbe se realizó por medio de calas de aproximación alternadas, de dos metros de ancho y de longitud variada, de acuerdo con las necesidades de cada caso. La aplicación de esta técnica permitió detectar muros, accesos, esquinas, peldaños y niveles de pisos, sin llegar a afectarlos.

La aplicación de esta técnica de exploración se hizo norma común en la mayoría de las intervenciones realizadas por los arqueólogos del Centro INAH Yucatán. Además la experiencia acumulada a través de los años, así como un mejor conocimiento de las técnicas constructivas de los edificios Puuc, nos ha permitido recuperar datos precisos para realizar restauraciones confiables.



Figura 8
Estructura Sur de los Pájaros de Uxmal finalizando la exploración. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

Por otra parte hay que mencionar que antes de iniciar la exploración hacemos un reconocimiento detallado de los elementos que conforman el derrumbe, a partir de esto podemos ubicar los rasgos más sobresalientes del edificio, y registrar si hubo o no alteraciones post-derrumbe.
Las figuras 7 y 8 ilustran los extremos del proceso de exploración en el cuadrángulo de los pájaros en Uxmal.

Reintegración por anastilosis

Durante las intervenciones llevadas a cabo en varios edificios del estilo Puuc a lo largo de casi 20 años, uno de los aspectos que han causado gran polémica es la reintegración por anastilosis de varios de los elementos de los edificios, que van desde paramentos hasta bóvedas y frisos.

Estas intervenciones se han realizado respetando los criterios establecidos en La carta de Venecia, que en su artículo 15 menciona que la anastilosis es la recomposición de las partes existentes de un monumento, pero que se hallan desmembradas. Asimismo, Molina Montes (1975, 56) abunda diciendo que la posibilidad de llevar a cabo una anastilosis está condicionada a que se encuentren las partes originales y que se conozca su sitio exacto en el conjunto. Por otra parte La «Carta del Restauro» de 1972 admite entre una serie de reintegraciones la «anastilosis documentada con seguridad» e inclusive permite la utilización de elementos de integración, siempre y cuando sean mínimas (Artículo 7, inciso 3).

Consideramos que la falta de difusión de los factores que nos han permitido realizar la reintegración por anastilosis ha ocasionado una serie de malos entendidos. Estamos conscientes de que la mayoría de las personas solo tienen acceso el resultado final de las restauraciones, es decir a los edificios ya intervenidos y no pueden diferenciarlos de las «reconstrucciones» que se hicieron en el pasado debido a que la apariencia final es similar en ambos trabajos.

La gran diferencia radica en la aplicación correcta de las técnicas de exploración, ya que si el derrumbe no ha sido alterado existen altas posibilidades de volver armar el edificio, al que podemos considerar como un gigantesco rompecabezas, desafortunadamente este proceso queda registrado en los informes que muy rara vez llegan a publicarse. En la figura 9 podemos observar el resultado de los procesos de restauración aplicados a la Estructura Sur del cuadrángulo de los Pájaros.



Figura 9
Estructuras Sur de los Pájaros de Uxmal al finalizar la restauración. Imagen tomada del archivo del proyecto Uxmal

A lo largo de este trabajo hemos intentado mostrar tanto el método como la información que nos permite reintegrar a su posición original los componentes de los edificios Puuc.

Conclusiones

Como hemos visto, cuanto más definido esté nuestro objeto de estudio, mejor será nuestra intervención. De ahí la importancia de conocer los sistemas constructivos de la región (materiales y formas de construir) y el proceso natural de deterioro.

Otro de los aspectos fundamentales en la intervención de monumentos es el registro detallado, en tres dimensiones, de todos los elementos que hallemos durante la exploración, pues además de permitirnos realizar una restauración adecuada, obtendremos la información necesaria para entender al grupo social que construyó el objeto que estudiamos.

Glosario

Argamasa. Mezcla, mortero. Mezcla de cal, arena y agua que se emplea en las obras de albañilería.

Arranque. Principio de un arco, de una bóveda, de una alfarda, de una escalera o de una rampa.

Bisel. Corte oblicuo en el borde o en la extremidad de un objeto. Es común como perfil de las molduras superior y media de algunos edificios.

Bóveda. Obra de fábrica generada por un arco de forma determinada, que sirve para cubrir el espacio comprendido entre dos apoyos constituidos por muros columnas , susceptibles de resistir tanto el empuje horizontal como el vertical. La superficie interior se llama intradós y la exterior extradós.

Clave o tapa. Piedra con que se cierra, en su parte superior, el arco o la bóveda.

Capitel. Remate o parte superior de una columna o pilar o pilastra, hecho de piedra labrada, de mampostería o de ladrillos.

Cierre de bóveda. Cada una de las piedras que terminan un arco falso o una bóveda, en su parte superior. Conjunto de las piedras que tapan el claro dejado en su parte superior por el intrados que integran cada costado de la bóveda.

Cornisa. Coronamiento compuesto de molduras o cuerpo voladizo con molduras que sirve de remate de una fachada o a la parte alta de un muro, de un pedestal o de un mueble.

Crujía. Espacio comprendido entre dos muros de carga o conjunto de habitaciones sobre un mismo eje y provistas de una cubierta común, como ocurre en muchos edificios mayas de tipo palacio.

Dintel. Parte superior recta, de las puertas, ventanas u otros huecos que carga sobre las jambas.

Espiga. Parte de un utensilio u otro objeto, adelgazada para introducirla en el mango o en un hueco determinado. Soporte o anclaje en piedra.

Friso. Zona superior de la fachada, comprendida entre la moldura media y una cornisa; vertical o ligeramente inclinada, suele llevar la ornamentación escultórica más importante del edificio.

Fuste. Cuerpo principal de una columna, monolito compuesto por varios bloques, trozos o tambores superpuestos o hechos de mampostería de forma usualmente cilíndrica o ligeramente ahusada.

Intradós. Superficie interior visible de un arco o bóveda.

Jamba. Cada uno de los elementos verticales o sensiblemente verticales que sostienen un arco o un dintel de puerta o ventana. Puede ser monolítica o de mampostería, puede estar a plomo o desplomada, liza labrada o en bajorrelieve, rematando en un modillón.

Junquillo. Moldura de perfil semicircular, usualmente más delgada que el bocel. Columnillas lizas, fajadas o atadas que adornan muros y frisos de os edificios.

Listel. Filete o miembro delgado de moldura.

Ménsula. Elemento arquitectónico, usualmente perfilado en diversas molduras, que sobresalen de un plano vertical y sirve para recibir y sostener a otro.

Modillón. Miembro voladizo sobre el que se asienta una cornisa, moldura ó alero, o bien los extremos de un dintel

Moldura. Parte saliente de perfil uniforme, que sire para adornar y/o reforzar obras de arquitectura.

Morillo. Viga o larguero rustico, ligeramente rollizo, que forma parte de la viguería de construcciones del techo de techo plano o azotea.

Núcleo. Relleno interior de un basamento artificial o macizo central de mampostería o maza de doble bóveda.

Paramento. Cualquiera de las dos caras de una pared.

Piedra careada. Presenta al menos una cara cortada de manera tal que, junto con las piedras contiguas, brinde un paramento más o menos regular en muros de mampostería.

Piedra bota. Pieza de bóveda de corte especializado en forma de bota.

Rodapié. Friso, zarpa o zócalo de una pared. Moldura basal de un saliente, una banqueta o una terraza.

Sofito. Plano inferior del saliente de una cornisa o de otro cuerpo voladizo tal como una moldura media, una moldura en delantal, el arranque de una bóveda.

Zócalo. Cuerpo inferior de un edificio u obra, que sirve para elevar los basamentos de un determinado nivel.

Notas

1. En la arquitectura Puuc, las piedras de recubrimiento tienen una forma específica que varía de acuerdo al lugar que ocupan en el edificio, los cual es de gran ayuda durante los trabajos de restauración. Por ello, hemos incluido un glosario de los tipos de piedras de recubrimiento. Todos los términos de dicho glosario fueron retomados de: Gendrop, Paul. 1997 *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*. México: Trillas.

Lista de referencias

Andrews, George. 1986. *Los Estilos Arquitectónicos del Puuc, Una Nueva Apreciación.* Col. Científica 150. México: SEP-INAH.

Gendrop, Paul. 1997. *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*. México: Editorial Trillas.

Loten, Stanley y David M. Pendergast. 1984. *A Lexicon for Maya Architecture, Vol. 8*. Canada: Royal Ontario Museum.

Molina, Montes Augusto. 1975. *La Restauración Arquitectónica de Edificios Arqueológicos.* Col. Científica 20. México: SEP-INAH.

Molina, Montes Augusto. 1978. *Teoría y Práctica de la Restauración de Monumentos Arqueológicos en México*. Ponencia presentada en Panamá.

Prem, Hans. 1999. «Consideraciones sobre la técnica constructiva de la arquitectura Puuc». *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana,* 29: 29-38.

Pollock, Harry. 1980. *The Puuc: An Architectural Survey of the Hill Country of Yucatan and Northern Campeche, Mexico. Vol. 19*. Harvard Univ Peabody Museum.

Roys, Lawrence. 1934. *The Engineering Knowledge of the Maya*. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington.

Criterios de sismo-resistencia y cálculo tradicional de estructuras en la arquitectura limeña del siglo XVII

Pedro Hurtado-Valdez

Los terremotos como condicionantes de la arquitectura en Lima

La costa peruana se levanta sobre un escenario geológico dinámico, producto de la colisión de las placas Sudamericana y Nazca. Una vez superado el límite de resistencia de la roca se produce la ruptura y el desplazamiento de las placas, liberando la energía acumulada en forma de ondas sísmicas. Esta característica telúrica de la ciudad de Lima ha condicionado desde la antigüedad la búsqueda de sistemas constructivos que garanticen seguridad ante la continuidad de fenómenos sísmicos. Los constructores se vieron impelidos no sólo a plantear nuevas técnicas sino a la permanente evolución de su eficiencia sismo-resistente.

La presencia de arquitectos peninsulares en Perú inició el empleo de técnicas constructivas novedosas por estos lares. Pronto se observó que dichas técnicas no soportaban fenómenos sísmicos frecuentes y de elevadas magnitudes. Los maestros constructores se vieron en la necesidad de adaptar la original arquitectura española a las características sísmicas del nuevo territorio ante los persistentes daños ocasionados por los terremotos en sus edificaciones.

Con el tiempo se consolidó una cultura experimental de ensayo y error, permitiendo extraer conclusiones sobre sismo-resistencia después de cada terremoto, las mismas que se debatieron entre los principales alarifes de la región frente a la autoridad virreinal (Hurtado, 2009 b). Los conocimientos adquiridos fueron difundidos en el resto del imperio español con escritos y visitas de constructores locales: «Poco ha vi un corto impreso, cuyo Autor es un Caballero natural de Lima, dotado de ilustres prendas; el qual, por las observaciones que hizo en su Patria, que se sabe es infestadísima de los temblores de tierra, da en el citado impreso, algunas útiles reglas para construir los Edificios, de modo, que los que los habitan peligren mucho menos en el caso de estas funestas concusiones» (Feijoo, 1774).

La proporción estable: nuevas dimensiones de muros y estribos

Se observó que los muros tendían a separarse durante un terremoto y luego los tramos separados impactaban unos contra otros. Este fenómeno se debe a la naturaleza discontinua y anisótropa de las fábricas antiguas, siendo normal la aparición de fisuras, porque la estructura se mueve adaptándose a las modificaciones del entorno. Durante un terremoto los muros insuficientemente conectados golpean entre sí, debido a que se generan fuerzas de inercia de sentido horizontal contrario al movimiento del suelo. Aparecen esfuerzos por flexión, momento y cortante, actuando simultáneamente y haciendo que cada muro presente características dinámicas propias con distinta frecuencia de vibración, según su naturaleza constructiva y dimensiones.

El espesor de los muros fue incrementado para obtener estabilidad dinámica y evitar las fisuras. Pero





Figura 1
Iglesia San Francisco en 1675 (grabado de Pedro Nolasco) con torres esbeltas de tres cuerpos y chapitel de coronación en comparación con la de 1874 con torres proporcionalmente más bajas (foto Biblioteca Nacional)

esta solución producía también aumento de masa en las partes altas de los edificios, con lo cual crecían las fuerzas de inercia por las elevadas aceleraciones que producen los sismos, originando desprendimiento y colapso de estas zonas (figura 1).

En consecuencia, se optó por aminorar la altura de las edificaciones, especialmente en los casos de refacción de construcciones dañadas por anteriores terremotos. Fernando de Córdoba y Figueroa sostuvo que para evitar daños en las torres de la catedral de Lima se debía decrecer su altura: «… las torres no suban lo que la montea de la planta muestra que se le quite el tercio de su altura…» (AAL a. 1609, leg.6, exp.17a).

Alberti (1404-1472) había distinguido dos parámetros para determinar la altura de las torres, la anchura a la base en relación de 1:6 y el espesor del muro en relación de 1:15. Mientras que Rodrigo Gil de Hontañón (1500-1577) estableció una proporción de la altura de la torre en relación a la base de 1:4 y Fray Lorenzo de San Nicolás (1595-1679) recomendó que el espesor del muro de la torre tendría 1:16 de la altura (Huerta, 2004). Los alarifes peruanos consignaron como más adecuada la relación entre la altura de la torre y el ancho de la base de 1:4, y de la altura de la torre con el ancho del muro en 1:10, que en la práctica significaba aminorar la esbeltez del conjunto.

La ampliación de dimensiones en la fábrica se manifestó también para los estribos que soportaban el empuje de arcos y bóvedas. Alonso de Arenas, al evaluar los daños que el terremoto de 1609 había causado en la catedral de Lima, refirió que las dimensiones de sus estribos eran insuficientes para contener los empujes durante un terremoto y como tal debían crecer sus proporciones: «Y supuesto que el daño recibido fue la causa dicha y es sin duda no le tuviere el reparo de esto consiste en darle fortaleza y la podrá tener añadiendo a los estribos hechos seis pies y medio de aumento de pilar en la salida y de ancho nueve por manera que ha de quedar el largo



Figura 2
Iglesia La Merced con arco y estribo interrumpiendo el trazo de la cúpula original (foto propia)

del dicho estribo de quince pies y el grueso de otros tantos…» (AAL a. 1609, leg.6, exp.17b).

Los estribos iniciales de la catedral se proyectaban fuera del muro con dimensiones de 6 × 9 pies (1,83 × 2,74 m) y debían de pasar a 15 × 15 pies (4,57 × 4,57 m), conformando una sección cuadrada en la idea que esta figura geométrica oponía al sismo su masa en ambas direcciones. Similarmente, las iglesias de Santiago Apóstol de Surco y de San Pedro de Carabayllo muestran esta solución (figuras 2 y 3). En la primera línea de capillas de la iglesia de La Merced en Lima el ancho de los estribos fue ampliado para contener el empuje de sus originales bóvedas de fábrica (figura 4).



Figura 3
Estribos de la iglesia Santiago Apóstol de Surco (foto propia)

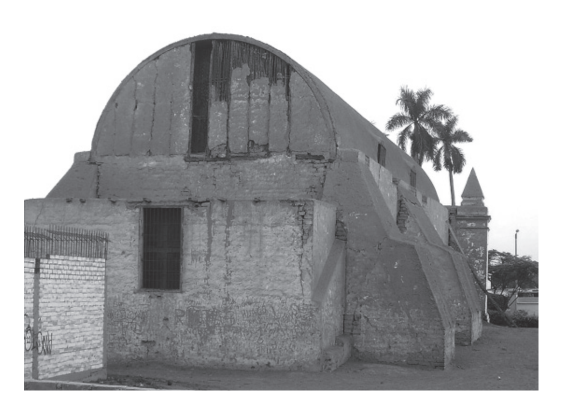


Figura 4
Estribos de la iglesia San Pedro de Carabayllo (foto propia)

Los constructores notaron que aumentar las dimensiones de los estribos en todo su desarrollo producía en ocasiones fallos inmediatos. Este comportamiento se explica en que el incremento de la masa y rigidez de la fábrica en altura funcionaba frente a movimientos sísmicos de regular magnitud, pero que cuando las fuerzas horizontales excedían la capacidad resistente de la fábrica el daño producido en ella resultaba grande, por fallo en las trabas entre muros y estribos con riesgo de colapso inmediato. De allí que los estribos se construyeron reduciendo enormemente su sección según se ascendía hacia la parte alta de los muros.

La bóveda única: empleo de un solo tipo de arco o bóveda

El diseño de bóvedas se basaba en la atenta mirada a las lesiones presentes en aquellas cerradas o en proceso de construcción, para determinar la buena praxis o los defectos a evitar. Este modo de proyectar bóvedas no encontraría una variación en Lima, muy a pesar que en 1675 Hooke experimentó con sus cadenas colgantes en analogía con los arcos, o que en 1712 La Hire formuló la teoría del punto de ruptura para arcos. Por entonces el cálculo estructural no buscaba la forma ideal del arco ni la obtención del valor de los empujes para determinar el ancho de los estribos, sino en verificar la estabilidad de las bóvedas a partir del desplazamiento producido en los apoyos.

Como resultado que las originales bóvedas de arista de la catedral de Lima tuvieron la misma altura de la clave pero con diferentes perfiles geométricos, en la nave central con arco rebajado y a los lados con arcos aovados, se producían diferentes empujes no anulados entre sí. Aparecía una fuerza horizontal resultante localizada en la parte superior de los muros, la cual se incrementaba durante un sismo. Consecuentemente se dispuso que las bóvedas debían de tener las mismas características constructivas y formales, según lo atestigua Diego Guillén: «Y habiendo visto como tengo visto y entendido antes de ahora el cerramiento que está hecho en la misma Iglesia de las capillas de arista y los arcos aovados digo que están sin fuerza ninguna respecto de no tener estribos

suficientes para que puedan hacer fuerza la nave menor en la mayor...» (ACML a).

En el sismo de 1609 las bóvedas de la catedral de Lima quedaron muy dañadas, reconstruyéndose mediante bóvedas de crucería. Se argumentó que la concentración de los empujes en una bóveda de crucería consentiría dotar a los muros de estribos localizados en los puntos de empujes, con espesores suficientes para garantizar su estabilidad durante los temblores. Al respecto Juan Martínez de Arrona mencionó: «… que bajar las naves colaterales y hacerlas de crucería es el mejor remedio que puede haber para asegurar la nave principal… y haber pasado por ellas el temblor grande del año quinientos y ochenta y seis y los que más ha habido sin recibir daño porque son de crucería y en nuestra Santa Iglesia se ha visto lo mal que aprueban las bovedas de arista con los pocos que han pasado por ellas las han dejado tan lastimadas…» (ACML b. 1614-1615, 1:f.15r). Sin embargo estas bóvedas colapsaron en el terremoto de 1687. Posteriores análisis motivaron la aparición de las bóvedas encamonadas a mediados del siglo XVII (figura 5).

Traba de muros: encadenados y llaves

En un medio sísmico las fisuras adquieren importancia debido a que cambian la frecuencia natural de la porción de muro que separa. Dentro de la estructura se pueden tener segmentos de muro con frecuencias dispares y durante un sismo vibrarán diferentemente, pudiendo llegar a colisionar entre ellos. Por tanto en los diseños sismo-resistentes de las construcciones históricas se tomaba particular atención en ligar los muros para otorgar continuidad a la estructura.

En la arquitectura griega se colocaban refuerzos metálicos o de madera dentro del muro, dispuestos en forma vertical y horizontal (Touliatos, 1993). En la región del Himalaya las viviendas estaban reforzadas con entramados de madera dentro de los muros (Langenbach, 2010). Las bóvedas bizantinas, edificadas en zonas sísmicas, no sólo llevaban grandes macizos como estribos, sino también se ceñían con un sólido encadenado de madera o cadenas de hierro embebidas en el espesor de las fábricas (Choisy, 1997 [1883]). En Italia, las bóvedas de fábrica eran habitualmente reforzadas con tirantes de madera y cadenas de hierro (Bradford, 1997). Entre 1570 y 1574 la ciudad italiana de Ferrara fue sacudida repetidamente por sismos, episodio narrado por Pirro Ligorio (1574), quien estableció que para mejorar las características sismo-resistentes de las construcciones se debían de atar los muros, principalmente en las esquinas con cadenas de hierro.

Los alarifes limeños recomendaron la colocación de un encadenado de madera en la parte alta de los muros para impedir su separación y evitar el vuelco, como resultado del efecto de borde libre ante una fuerza inercial actuando fuera del plano. Se notó ade-





Figura 5
Extradós e intradós de las bóvedas encamonadas en la Catedral de Lima (foto propia)

más que los muros de fachada con balcones continuos de madera sufrían menos que aquellos que no los tenían. Esto se debía a que las vigas del forjado cuyo vuelo daba sustento al balcón estaban entrelazadas con dobles encadenados y llaves creando un diafragma parcial (figuras 6 y 7).

En un informe enviado por Llano y Zapata (1755, f.4) al Rey Fernando VI explicaba la razón de colocar encadenados en los edificios limeños: «Lo único, que da seguridad es la unión, o trabazón de las partes, que componen el edificio proporcionada a su misma robustez: si un gran fabrica de piedra esta sugeta con barras de hierro, u otra menor de ladrillo o tierra con maderos, ellas serán las mas seguras, porque aquellas trabazones o ligaduras impiden la desunión, que pudiera hacer el material, y aun demolido este, mantienen todas sus partes después de desunidas».



Figura 6
Encadenado y vigas del balcón en una casa del Centro Histórico de Lima (foto propia)



Figura 7
Unión de caja y espiga del encadenado con la cercha de una bóveda encamonada (foto propia)

Movimiento contra resistencia: sistemas constructivos de mayor ligereza y ductilidad

Los constructores juzgaron que era mejor admitir deformaciones en la estructura que continuar oponiendo resistencia a los sismos. El Arzobispo de Lima envió una carta al Rey de España con motivo de la evaluación de los daños del terremoto de 1678 afirmando que: «…siendo por sus materiales y su fábrica los edificios de mayor resistencia, hizo en ellos el temblor efecto de rayo» (AGI a. Leg.78). De manera



Figura 8
Telar en una casa del Centro Histórico de Lima (foto propia)

intuitiva se plasmó un primer nivel con fábrica y los niveles superiores con construcciones ligeras, que significaba contar con construcciones con frecuencias distintas, evitando la aparición de resonancia.

Consecuentemente se introdujeron los telares de tierra-caña (quincha) y bóvedas encamonadas, lográndose reducir peso en los pisos altos (figuras 8 a 10).

Se entiende que pasar de materiales rígidos y pesados como la piedra o el ladrillo a materiales ligeros y flexibles como la madera significa una sustancial mejora de la eficiencia sismo-resistente, debido a que la fuerza de inercia que aparece en un sismo está en relación directa con la masa del edificio. Basta comparar el peso específico de una bóveda encamonada (900 kg/m³), con el del granito de Panamá empleado en el Virreinato del Perú (2.700 kg/m³) y del ladrillo costeño (1.800 kg/m³).



Figura 10
Telar en la arquería de la Hacienda San Juan de Surco (foto propia)

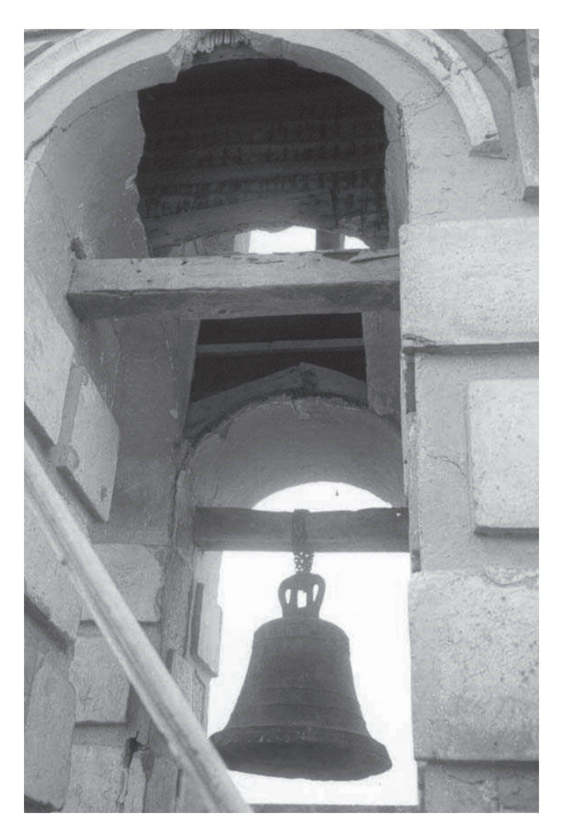


Figura 9
Telar en el campanario de la iglesia La Compañía de Pisco (foto propia)

Con esta solución no sólo se aminoraba la incidencia de las fuerzas horizontales en altura sino por las características del sistema constructivo, con uniones flexibles de madera, cinchos de hierro y cintas de piel, se dotaba a la estructura de elementos de gran ductilidad (Hurtado, 2009a). Sobre este tema estudiosos de la expedición científica española de 1748 opinaron que: «…jugando todo el Edificio con los estremecimientos de los Terremotos, y estando ligados sus fundamento, siguen enteramente el movimiento de aquellos; y no haciendo oposición la fortaleza, aunque se sientan en parte, no caen, ni se arruinan tan fácilmente» (Jorge, 1748).

Un momento crucial para el desarrollo de las bóvedas encamonadas en el Virreinato de Perú constituyó la reconstrucción de las bóvedas de la catedral de Lima después del terremoto de 1687, el cual provocó el colapso de sus bóvedas de crucería. Fray Diego Maroto ofreció al Cabildo Eclesiástico la garantía estructural de las bóvedas encamonadas construidas por él mismo algunos años antes en las iglesias de La Veracruz y del Sagrario, proponiendo reconstruir las bóvedas de la catedral con este sistema: «…la nueva forma se ha reconocido por experiencia ser fábrica más segura en tan repetidos temblores mayormente cuando las que hizo de esta manera este declarante en la Iglesia de su Convento siendo así que era de pocos fundamentos en lo tocante a la albañilería las bóvedas que hizo encima de los pilares y arcos que han padecido y no las bóvedas por haberlas hecho de cedro y yeso…» (ACC. 1688, f.70r).

Pedro Fernández de Valdés anotaba que los estribos no podían contener las fuerzas horizontales que se producían durante los sismos, por ello era preferible la disminución de peso haciendo las nuevas bóvedas con arcos encamonados: «Y así mismo le parece a este declarante no ser buena obra la que se puede aplicar abrigando con albañilería el envano de los pilares para recoger las entradas y menor fuga a los rempujos de los arcos particularmente cuando la experiencia ha demostrado en la obra de la iglesia de san Pedro Nolasco donde se aplicó este género con mas cuerpo y asi en lo grueso como en lo largo y se vino con el temblor al suelo…le parece a este declarante que habiendo de ser de madera yeso y caña no necesita de más aplicación…» (ACC. 1688, f.71v - 72r).

La mayoría de las bóvedas levantadas correspondieron al sistema en arco, las cuales evolucionaron de las bóvedas encamonadas del tipo adintelado construidas en España. En las bóvedas en arco o autoportantes las cerchas descargan el peso de toda la cubierta en el encadenado que les sirve de apoyo, y son arriostradas lateralmente por correas, mientras que en el sistema adintelado la bóveda es colgada de las vigas que conforman un forjado o cubierta (figuras 11 a 13).

El sismo de 1699 provocó en muchas construcciones de fábrica el desplome de sus plantas altas, motivando al Virrey Conde de la Moncloa la prohibición de la reconstrucción de los pisos elevados con adobe o ladrillo, bajo pena de graves multas a peones y alarifes que desobedecieran la ley, mientras se favorecía



Figura 11
Extradós de la bóveda adintelada en la capilla de la Virgen de Loreto en la Casona de San Marcos (foto propia)



Figura 12
Extradós de la bóveda de la iglesia La Ermita de Barranco, con bóveda autoportante similar a las de época virreinal (foto propia)



Figura 13
Extradós de la cúpula de la iglesia La Soledad (foto propia)

la construcción con telares. La disposición fue confirmada por Real Cédula del 26 de octubre de 1701 (AGI b. 1746, Leg.511). Finalmente el Virrey José Antonio Manso Conde de Superunda bajo recomendación de Luis Goudin, catedrático y cosmógrafo del Reino, luego del terremoto de 1746 convirtió a los telares y a las bóvedas encamonadas en estructuras de uso obligatorio. En su dictamen Goudin refirió que: «...es evidente que el País no permite edificio elevado ni construcción pesadas y las paredes sean de piedras, o de ladrillos, o de adobes, cuando todas ellas piden que en su naturaleza un cierto grueso...así mismo de madera para la bóveda que según se acostumbra se hará de quincha...se prohibieran los arcos de bóveda –de fábrica–» (Bernales, 1972).

La búsqueda de flexibilidad motivó además el uso de cintas de piel para la unión de elementos estructurales, como lo refieren las cuentas de gastos efectuados en la construcción de las bóvedas encamonadas de la iglesia del Prado: «más treinta pesos que se gastaron en pellejos para precintar los telares» (AAL b. Leg.4, f.3v). Este tipo de ligazón no sólo se utilizó para los encuentros entre vigas y pies derechos sino también para consolidar la unión entre camones en las bóvedas de madera. A los alarifes les hubiese bastado el empleo de clavos para fijar las uniones de las piezas de madera como se hacía en España, pero llegaron a concluir que atar con cintas de piel los elementos de una estructura significaba aumentar su libertad de movimiento ante un sismo, es decir aumentaba su capacidad de absorber mayor energía de deformación (figura 14)



Figura 14
Cintas de cuero que atan las vigas de la capilla de la Virgen de Loreto en la Casona de San Marcos (foto propia)

Expulsión del calor de la tierra: excavación de pozos

En el siglo XVII Fray Lorenzo de San Nicolás recomendó abrir pozos como remedio frente a los temblores. Él seguía la arcaica hipótesis de los «vientos internos», según la cual las explosiones de material incandescente en los volcanes producían corrientes de aire caliente circulando al interior de la tierra, que al tratar de escapar hacia la superficie impactaban fuertemente en la roca causando los terremotos: «Si el daño procede de temblores de tierra, a que muchas partes maritimas están sujetas, este daño se puede prevenir con abrir muchos poços cercanos al edificio, para que por ellos se expelan los vapores, y ahuyentados no perturben la tierra con su violencia, siendo tanta, que aun allana montes, como de muchas partes lo sabemos. Para remediar este daño tuvo antiguamente la ciudad de Granada un poço, en la calle de Elvira, de notable anchura y profundidad, todo labrado de ladrillo, que llamavan el poço Ayron, por donde expelian los vientos, sin que causasen temblores…» (San Nicolás, 1639, f.134v).

En Lima se creyó oportuno no solo incluir hoyos sino también galerías subterráneas bajo los edificios, ya que se pensaba que se amortiguaría la acción sísmica al favorecer la ventilación de los gases producidos dentro de la tierra (figura 15).

Después del terremoto de 1609 el licenciado Cacho de Santillana se dirigió al rey de España advirtiéndole de la necesidad de perforar pozos para que «…pueda haber respiración el viento de que han procedido y proceden dichos temblores» (AGI c. 1610, leg.95, 28). Tanto el alcalde de Lima Nicolás de Ri-




Figura 15
Pozo y galerías en la iglesia San Francisco (foto propia)

vera como el Virrey Conde Chinchón expusieron, en 1619 y 1631 respectivamente ante el cabildo de la ciudad, que mediante la conformación de pozos se permitía la evacuación del aire contenido dentro de la tierra. Así, el cabildo de Lima en su reunión del 23 de febrero de 1619 recomendó al Virrey dictar una norma para la realización de pozos: «se hagan unos pozos hasta dar en agua, labrados con su campana de cal y ladrillo,…, respecto de que con la experiencia de que tiene las casas donde hay pozos ha sido poco o nada el daño que han recibido, y esto lo juran a Dios Nuestro Señor y a la Cruz de ser muy necesario y de mucha utilidad a las dichas casas y viviendas…» (Arditi, s.f.).

En el reconocimiento de las casas de la Inquisición que hicieron en 1665 los maestros fray Diego Maroto y Juan de Mansilla, comentaron que era necesario efectuar perforaciones hasta llegar al nivel freático, porque habían observado que las viviendas que tenían pozos habían resistido mejor a los sismos: «… Le parece ser muy buen remedio hacerse muchos pozos por donde pueda aber rrespiración. El bien de que an procedido y proceden. Los dos temblores se a experimentado y que ansi lo propone y pide se de borden y mande que se hagan pozos en todas las casas desta ciudad…» (Crespo, 2005).

Esta teoría se mantuvo vigente hasta muy avanzado el siglo XVIII, como lo atestigua la consulta efectuada por Fernando VI, días después del terremoto de Lisboa de 1755, a Juan Joseph de Cevallos Rivera y Dávalos sobre los efectos de los sismos en Lima y las medidas adoptadas para contrarrestarlos. Cevallos en una visita a El Escorial explicó al Rey el pensamiento de la época sobre los orígenes de los terremotos: «La causa de la diversidad de estos movimientos es la individualidad de la que se discurre probablemente serlo del mismo temblor: esto es, el incendio que se forma de las materias combustibles, depositadas en las grandes cabernas, ó concabidades subterráneas. Este gran fuego dilata el ayre circunvecino, que no pudiendo contenerse en el espacio que ocupaba, hace fuerza contra toda la bóveda de la caberna, y se co-

munica con el mismo impulso á los demás huecos subterráneos que tienen comunicación con aquel en que se forma el incendio. La fuerza del ayre, que es la mayor que se conoce en la naturaleza, y quizá la única capaz de accion tan portentosa, levanta la bóveda, y esta volviendo á tomar su primera situación, zimbra y forma el movimiento de trepidación. El mismo ayre que hizo este primer esfuerzo, vá de rechazo chocando en todas las cabernas vecinas, y produciendo el mismo efecto con la diferencia de que impeliéndolas ázia los lados, causa el movimiento de undulación que es el que se experimenta más frequentemente, y a mayores distancias...» (Languillo et al. 2007).

Se debe recordar que sólo a finales del siglo XVIII se estableció la relación entre la teoría ondulatoria y el movimiento sísmico, y que la teoría de la deriva de los continentes, la expuso Wegener recién en 1912, quien refirió la existencia de una corteza terrestre dividida en placas que se desplazaban sobre el manto de la tierra interactuando entre sí. En 1963 la teoría de la expansión de los fondos oceánicos complementó la anterior, según la cual los fondos marinos se mueven arrastrando a los continentes, generando y consumiendo placas, consolidando la «tectónica de placas» que explica ahora el origen de los terremotos.

En este sentido, el suelo de Lima cumplió un rol importante, por ser compacto y resistente. Las ondas sísmicas registradas en la actualidad indican elevados periodos, por tanto al realizar pozos, los alarifes sin comprender plenamente cambiaban la frecuencia de la transmisión de la vibración por el suelo.

Conclusiones

El hecho que durante el siglo XVII no se tuvieran las herramientas y conceptos modernos para proyectar estructuras no invalidan los criterios tradicionales con los que se levantaban los edificios, a la par que se desarrollaba una arquitectura sismo-resistente.

La relación de criterios y análisis de sismo-resistencia que se han mostrado evidencia que los constructores limeños del siglo XVII desarrollaron una propuesta estructural, fruto de la experiencia y de la atenta observación de las lesiones que producían los terremotos en las edificaciones, hasta materializar un procedimiento constructivo con proporciones y técnicas que habían demostrado en la práctica su funcionamiento.

Cada edificio que sobrevivía a los embates de los sismos se erguía como un referente de diseño estructural para los alarifes. Por el contrario cuando se producían colapsos se obtenían conclusiones de lo que no debía hacerse.

El planteamiento estructural adoptado se fundamenta en la búsqueda del equilibrio, mediante el manejo de volúmenes y materiales, de acuerdo a proporciones que asegurasen la estabilidad del edificio. Para estos alarifes la resistencia y rigidez no eran determinantes al plantear una estructura sismo-resistente, sino que interesaron las soluciones que mantuvieran el equilibrio por reacomodo de la estructura a las modificaciones que imponían los sismos.

Lista de referencias

Archivo Arzobispal de Lima. (AAL a). 1609. Papeles importantes de la catedral, leg.6, exp.17a-b. (AAL b), leg.4, f.3v.

Archivo del Cabildo Catedralicio. (ACC). 1688. Libro de fábrica, f.70r-72r.

Archivo del Cabildo Metropolitano de Lima. (ACML a). Parecer de Diego Guillen. (ACML b). 1614-1615. Libro de fábrica, 1:f.15r.

Archivo General de Indias. (AGI a). Archivo de Lima, leg.78. (AGI b). 1746. Archivo de Lima. Expediente sobre la reedificación de Lima, leg.511. (AGI c). 1610. Leg.95, 28 de marzo de 1610.

Arditi, Alvaro. s.f. Perú: Temblores y terremotos de Lima. Crónica histórica. Lima.

Bernales Ballesteros, Jorge. 1972. *Lima, la ciudad y sus monumentos*. Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Escuela de Estudios Hispano Americanos de Sevilla.

Bradford, Elizabeth. 1997. «Ars mecánica: Gothic structure in Italy». En *The engineering of medievals cathedrals. Studies in the history of civil engineering*, vol.1, pp.219-223. Brookfield: Lynn T. Courtenay, ed.

Crespo Rodríguez, María Dolores. 2005. *Arquitectura doméstica de la ciudad de Los Reyes (1535-1750)*. Sevilla: Consejo Superior de Investigaciones Científicas – Escuela de Estudios Hispano Americanos, Universidad de Sevilla, Diputación de Sevilla.

Choisy, Auguste. [1883] 1997. *El arte de construir en Bizancio*. Editado por S. Huerta y J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.

Feijoo y Montenegro, B. G. 1774. *Cartas eruditas, y curiosas, en que, la mayor parte, se continua el designio, del*

teatro critico universal, impugnando, o reduciendo a dudosas, varias opiniones comunes. Tomo quinto. Madrid: Joachim Ibarra, Impresor de cámara de S.M.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Hurtado Valdez, Pedro. 2009a. «La restauración de edificios construidos con tierra en zonas sísmicas: la experiencia peruana». En *Bia,* 259*:* 99-114. Madrid: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos de Madrid.

Hurtado Valdez, Pedro. 2009b. «Masonry or wooden vaults?: the technical discussion to rebuilt the vaults of the cathedral of Lima in the seventeenth century». En *Proceedings of the Third International Congress on Construction History,* pp.845-852. Cottbus: Brandenburg University of Technology.

Juan, Jorge y Antonio de Ulloa. 1748. *Relación histórica del viage hecho de orden de S. Mag. a la America Meridional.* Segunda parte, vol.3. Madrid: Antonio Marin.

Langenbach, Randolph. 2010. «'Earthquake resistant traditional construction' is not an oxymoron*: The resilience of timber and masonry structures in the Himalayan Region and beyond, and its relevance to heritage preservation in Bhutan». En *Proceedings of the International Conference on Disaster Management and Cultural Heritage «Living in Harmony with the Four Elements»,* pp.1-25. Timbu: The Royal Government of Bhutan.

Languillo García-Barcena, Paulino y Federico Crespo García-Barcena. 2007. *Los terremotos en la historia*. El Diario Montañés. Santander.

www.eldiariomontanes.es/20070914/opinion/articulos/terremotos-historia-20070914.html.

Ligorio, Pirro. 1574. *Libro o Trattato de' diversi terremoti* (edición del codice 28 delle Antichita' Romane, Archivio di Stato di Torino, E. Guidoboni, De Luca editori d'arte. Roma. 2005).

Llano y Zapata, José Eusebio. 1755. *Respuesta dada al rey nuestro señor D. Fernando el Sexto, sobre una pregunta, que S.M. hizo á un mathematico, y experimentado en las tierras de Lima, sobre el terremoto, acaecido en el dia primero de noviembre de 1755.* Sevilla: Imprenta Real de la Viuda de D. Diego Lopez de Haro.

San Nicolás, Fray Laurencio de. 1639. *Arte y Uso de Arquitectura*. *Primera y Segunda Parte. Madrid: s.i.* (facs. Ed. Madrid: Albatros, 1989).

Touliatos, P.G. 1993. «The traditional aseismic techniques in Greece». En *AITIM,* 164: 42-45. Madrid: Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera.

La presencia de algunas técnicas constructivas romanas en la Valencia del siglo XVI: ¿reinvención o recuperación arqueológica?

Federico Iborra Bernad

En esta comunicación se pretende reflexionar sobre determinadas técnicas y soluciones formales de elementos constructivos usados en ámbito valenciano en el siglo XVI, relacionándolas con otras de la Antigüedad. En algunos casos responden a la adopción de modelos italianos, pero en otros casos parece existir una evolución paralela e independiente, capaz de resultados originales. Resulta difícil establecer hasta qué punto responden a una voluntad anticuaria intencionada o si simplemente nos encontramos con un desarrollo natural de las técnicas locales, pero en todo caso merecen nuestra atención.

Columnas revestidas de estuco

En el mundo romano fue habitual revestir paramentos de ladrillo o de piedra tosca con un estuco de cal imitando un despiece de sillería. Igualmente encontramos columnas, capiteles y otros elementos decorativos donde se ejecuta un acabado en estuco emulando elementos esculpidos de mármol. Podemos señalar ejemplos como el Templo de Portuno en Roma, aunque las basas, capiteles y columnas exentas son de mármol (Adam 2002, 126, 245). Muy extenso fue el uso del estucado en las colonias romanas, incluyendo el revestimiento completo de todos los elementos ejecutados en piedra local de escasa calidad para la labra, como ocurre en *Emerita Augusta* (Álvarez y Nogales 2004). En general estos elementos reciben ya la forma en piedra, y el estucado se limita a una capa superficial donde se definen los detalles decorativos (figura 1).

También en ámbito valenciano se aplicaron métodos parecidos, aunque de una manera algo diferente. Las columnas corintias del Foro de Valencia, de 5,8 metros de altura, presentaban fustes lisos de caliza local y capiteles corintios con decoración estucada añadida (Escrivá, Ribera y Hellín 2010, 51). En estos últimos el uso de la piedra se reduce al ábaco y a un volumen básico de piedra prácticamente cilíndrico, que a primera vista recuerda a un capitel dórico con el equino poco desarrollado, como se puede comprobar en las piezas montadas por anastilosis del Museo de la Almoina (figura 2).

Esta técnica debió extenderse también al menos en los territorios al norte de la ciudad, donde los constructores debían escoger entre el rodeno o la durísima piedra gris de Sagunto, de la que hemos visto algunos capiteles similares en la casa de Pascual Meneu en Bechí (Castellón). No hemos profundizado en la presencia de estas soluciones en otros territorios, por no ser el objeto de esta comunicación, aunque es razonable pensar que no fue algo exclusivo de la zona valenciana.

Pasando ahora a la Valencia medieval, sabemos documentalmente que el atrio de la Catedral, del siglo XIII, tenía arcos «de piedra blanca» y, como han señalado Zaragozá y Vila (2014, 86) es probable que se aprovecharan columnas de expolio que, según estos autores, perfectamente podrían provenir del foro o la basílica de época romana.[1] Parte de esta «piedra blanca» se puede observar reutilizada como sillares



Figura 1
Detalle de una columna estucada hallada en las excavaciones del teatro de *Metellinum* (Medellín). Fotografía J. F. Noguera

en la esquina que se recompuso en el siglo XV tras la demolición del atrio por la ampliación de la nave catedralicia. También podrían ser romanas las ocho columnas, exageradamente esbeltas para su orden dórico, que soportan los arcos de ladrillo en el atrio de la iglesia del Convento de Predicadores de Valencia, recompuestas a partir de fragmentos desiguales y con las basas y capiteles de nueva factura (figura 3).[2]

La idea romana de los elementos ornamentales en estuco, sin embargo, resurgiría de algún modo en la Edad Media. En Valencia será durante el siglo XV con elementos macizos de yeso endurecido, preparados con la ayuda de algún molde o finalmente tallados *in situ* (figura 4). Como ha estudiado el profesor Rafael Marín (2014), estas piezas suelen ser enteramente de yeso, pudiendo rastrearse su precedente técnico en la tradición andalusí y en el —mal llamado— mudéjar aragonés. En algunos casos, como los nervios de bóveda, era habitual que se revistiera un elemento de ladrillo, aunque tracerías y elementos decorativos pueden estar formados únicamente por yeso.

¿Estarían estucadas las columnas del foro de Valencia? Es evidente que el fuste no está preparado para recibir un grueso estucado imitando acanaladuras, como en el ejemplo emeritense citado, pero no debería descartarse que la piedra llevase algún tipo de revestimiento, que quizá podría imitar un veteado de mármol.[3] Los romanos también ejecutaron estucos de este tipo en paramentos verticales, abaratando el coste de un aplacado real.



Figura 2
Anastilosis de dos columnas del foro de *Valentia*, donde se ven los capiteles preparados para recibir una decoración en estuco. Museo de la Almoina de Valencia. Fotografía F. Iborra



Figura 3
Patio de la iglesia en el antiguo Convento de Santo Domingo de Valencia. Fotografía F. Iborra



Figura 4
Ventana del Palacio Señorial de Geldo (junto a Segorbe), antes de su restauración. Capitel, basa e impostas laterales están ejecutados con yeso. Fotografía F. Iborra

En todo caso, la idea del revestimiento imitando un acabado en mármol o piedra está más o menos presente en todo el clasicismo renacentista y barroco, sobre todo en los interiores. Tenemos muestras de esta intencionalidad en toda la pintura flamenca desde mediados del XV y su herencia hispánica. En el caso de Valencia resulta de gran interés el caso del Hospital General, reconstruido tras un incendio en 1545 (figura 5) por el hecho de haberse reclamado la presencia de maestros estucadores lombardos para revestir las columnas con un acabado marmóreo (Gómez-Ferrer 1998, 125-126) Lamentablemente, el purismo repristinador y la ignorancia atrevida se juntaron en la última restauración, eliminando este singular revestimiento al creerlo de factura posterior.



Figura 5
Fotografía del antiguo Hospital General de Valencia, antes de su restauración como biblioteca. Colección particular

Ladrillo aplantillado y bipedales romanos

A finales del siglo XVI se produce una revolución en la arquitectura valenciana, al emplear el ladrillo aplantillado o tallado para la resolución de galerías (figura 6) o cúpulas (Zaragozá e Iborra 2011). La introducción de esta técnica tuvo lugar probablemente hacia 1589-1590, aplicándose en paralelo en las galerías de la Casa de la Ciudad y el Colegio del Corpus Christi (Iborra 2014). Podemos relacionarla con algunas experiencias del norte de Italia, como las iglesias de Santa Liberata (1540) o Santa Maria del Fonte (1575) en Caravaggio (Bérgamo), y San Canziano en Padua (1613), que mantienen una bicromía similar a los ejemplos valencianos. Existe además un precedente romano en la Via Appia, el sepulcro del siglo II conocido tradicionalmente como templo del dios Rediculus, donde el ladrillo aplantillado y trabajado con dos tonos se presenta perfectamente desarrollado.

No insistiremos en este tema, ya desarrollado en el congreso celebrado en Santiago de Compostela. Sin embargo, sí que vale la pena destacar aquí el empleo de ladrillos de dos palmos (45 cm) en los encadenados de las esquinas del Colegio del Corpus Christi (figura 6). Quizá pueda rastrearse aquí una evocación de los bipedales romanos o una interpretación erudita de un pasaje del tratado de León Battista Alberti quien, en el capítulo IX del Libro I, sugiere el empleo de ladrillos de gran tamaño en los edificios públicos:

> Los edificios más grandes deben tener los miembros más grandes. Precepto observado por los antiguos, que en la



Figura 6
Galería del Colegio del Corpus Christi de Valencia. Fotografía C. Martínez

> construcción de edificios públicos de proporciones mayores, usaron, aparte de todo lo demás, también ladrillos más grandes que en los privados (Alberti [1485] 1977, 22).

El hecho de que la obra fuera promovida por el erudito arzobispo Juan de Ribera hace plausible cualquiera de las dos interpretaciones. Es también probable que en la antigua Casa de la Ciudad de Valencia, reconstruida parcialmente en la misma época, también se aplicara este criterio. Así lo sugiere la presencia de «atovas», «atovones regulares» y «atovones grandes» entre el material de derribo vendido tras la demolición del edificio en 1860 (Archivo Histórico Municipal de Valencia, Libro de Actas del año 1860, sign. D-305, acuerdo nº 176).

Falsos techos ejecutados con cañizo y yeso

Los falsos techos de cañizo y yeso se utilizarán de manera generalizada desde mediados del siglo XIX para ocultar las estructuras horizontales de los forjados. Durante los siglos XVII y XVIII se empleó esta técnica en Valencia para imitar bóvedas esquifadas en edificios residenciales de una cierta categoría, evitando los problemas derivados de los empujes horizontales. Falsos techos de cañizo y yeso se encuentran frecuentemente en el mundo romano, con múltiples ejemplos en las ciudades sepultadas por el Vesubio. En muchos casos aparecen conformando lo que llamamos bóvedas encamonadas. Vitruvio, en el capítulo III de su libro VII, nos indica cómo las construían sus coetáneos:

> Habiendo pues de formarse bóveda, será de esta manera. Dispóngase una serie de listones rectos, distantes entre sí no más de dos pies... Estos listones se curvarán en arco, con cantidad de saetas, o sea pescantes, fijas con clavos de hierro... Asegurados los listones, se unirá a ellos un tejido de cañas griegas quebrantadas, atándolas con tomiza de esparto de España, y siguiendo la curvatura. Por la parte superior de este camón se dará una capa de mortero, para que si penetraren algunas gotas de la contignación, o del techo, no pase al enlucido. Si no hubiere cañas griegas, se tomarán carrizos de las lagunas, y se harán manojos de la longitud necesaria, e iguales en grueso, atándolos con tomiza... Concluido y tejido el encamonado, se extenderá en su cielo inferior la trulisación [primera mano del revoco]: luego se igualará con una mano de mortero común; y últimamente se acicalará con greda o con estuco. Enlucida la bóveda, se cercará de cornisa debajo de su arranque (Vitruvio [1787] 1992, 171-172).

Como otros muchos elementos usados en la arquitectura tradicional, da la impresión de que los falsos techos de cañizo y yeso han estado ahí desde siempre. Sin embargo, es muy probable que desaparecieran durante siglos y se reintrodujeran durante el Renacimiento por influencia italiana, donde las falsas bóvedas tuvieron una gran aceptación en zonas de riesgo sísmico. En España resulta evidente que durante la Edad Media predominaron los elementos de madera, sea alfarjes con las vigas vistas, o taujeles, donde se oculta la estructura tras un tablero de madera decorado con pinturas o lacerías.

En ámbito valenciano encontramos falsos techos de cañizo en el Colegio del Corpus Christi, concretamente en el vestíbulo de entrada, la escalera y la sala de la biblioteca privada de San Juan de Ribera (figura 7). Sabemos que tienen que ser falsas bóvedas de cañizo porque carecen de curvatura en su parte superior, y porque en tierras valencianas la facilidad de ejecución de las bóvedas tabicadas (figura 8) hará muy minoritaria la presencia de encamonados convencionales, siendo habitual la ejecución de plementos de ladrillo bajo forjados de madera, sobre todo en claustros. Es significativo de la novedad técnica el hecho de que en el monasterio valenciano de San Jerónimo de Cotalba, cerca de Gandía, se conserva un curioso falso techo formado por ca-



Figura 7
Biblioteca de Juan de Ribera en el Colegio del Corpus Christi de Valencia, cubierta con una bóveda falsa de cañizo. Fotografía F. Iborra



Figura 8
Refectorio del Colegio del Corpus Christi de Valencia, cubierta con una bóveda tabicada de ladrillo. Fotografía F. Iborra

ñizo, al que se adhirió por debajo una hoja tabicada de ladrillo, tomado a bofetón, para recibir en enlucido.[4]

Quizá en paralelo a este desarrollo de los falsos techos se introdujeron los tableros de cañizo para los tejados, tan habituales en la arquitectura popular. En este sentido, cabe señalar la compra de cañas para las *cubertes falses* de la Casa de la Ciudad de Valencia en 1593 (Iborra 2014, 121), que contrasta con las soluciones de teja vana observadas en algunos ejemplos anteriores del siglo XVI.[5]

Reinterpretaciones locales de la Antigüedad

Durante el primer cuarto del siglo XVI se desarrollaría en tierras valencianas una interpretación local de algunos elementos de la Antigüedad. Entre estos destaca el frontón triangular avenerado, muy raro en el renacimiento italiano (por no decir inexistente) pero que tuvo una cierta difusión en Valencia, conservándose o estando documentado en el torreón del Palacio de la Generalidad, palacios del Embajador Vich y condal de Oliva, todos ellos fechables en el segundo cuarto del XVI. Curiosamente lo encontramos también en un dibujo del *Codex Valentinus* del Conde de Guimerá, en el dibujo del Mausoleo de los Atilios, en Sádaba (Gimeno Pascual, H., 1997), aunque en el monumento original los frontones no están avenerados. No parece haber un precedente clásico para este motivo, aunque sí se han hallado algunos ejemplos de frontones avenerados triangulares en canceles visigóticos (Blanco 1983) y es posible que las piezas renacentistas estén inspiradas en algún modelo tardoantiguo o altomedieval.

Existen otras soluciones particularmente curiosas, como la capilla del arruinado castillo de Bolbaite (figura 9) de principios del XVI, del que sólo se conserva el muro frontal y la impronta de la bóveda de cañón tabicada que lo cubría, muy rebajada (Marín 2014, 244-246). La restitución inmediata de este espacio recuerda enormemente a los *cubicula* de las casas romanas, con sus techos resueltos mediante bóvedas encamonadas. La presencia de una venera en el arco rebajado del frente podría relacionarse con la capilla del desaparecido palacio condal de Oliva,



Figura 9
Restos de la capilla del Castillo de Bolbaite. Fotografía R. Marín

aunque en éste la configuración del medio cañón con casetones, visible en viejas fotografías, remiten claramente al entorno de Bramante y la cabecera de Santa María del Popolo.

También resulta interesante el patio del palacio señorial de Geldo, remodelado por los duques de Segorbe a mediados del siglo XVI. En él podemos observar la trasposición al lenguaje renacentista del modelo de patio gótico, con una galería caracterizada por esbeltas pilastras cuadradas. En principio estas no llaman la atención, puesto que su forma es la más razonable para una estructura de ladrillo revestida de yeso, y su gran esbeltez parece una reminiscencia de las esbeltísimas columnas de piedra de Gerona. Sin embargo, también recuerdan enormemente a las estilizadas pilastras cuadradas de algunos pórticos romanos, como los de la Casa de Julia Félix en Pompeya, la Villa Adriana, la Domus de la Fortuna Annonaria de Ostia y el ábside Termas del Foro, también en Ostia (Adam 2002, 127).

No obstante, para nosotros el caso más significativo de esta aparente recuperación local de la Antigüedad es la solución de los entrevigados con revoltones de yeso decorados en relieve. Los forjados de revoltones debieron aparecer a finales del siglo XV, siendo la escalera del Palacio de la Aljafería (c. 1490) el ejemplo documentado más antiguo que conservamos, aunque en 1481 ya tenemos noticia de la realización de una *cuberta de cabirós ab volta*, con motivo de las obras en la Casa de la Diputación de Valencia (Aldana 1992, III: 35).



Figura 10
Patio del Palacio de los Duques de Segorbe en Geldo. Fotografía F. Iborra

Durante el primer cuarto de siglo aparecen también decoraciones en relieve ejecutadas con yeso (figura 11) mediante la ayuda de moldes de madera (Marín 2014, 126-128). Tenemos noticia por primera vez de estos elementos *rellevats al romá*, y también *daurats e toquats de collor* en la propuesta para el *studi nou* de la Diputación, en el año 1512, desestimándose por su coste a favor de un artesonado por considerarse obra *mes durable e mes abultada de mes condició e mes honrosa* (Aldana 1992, III: 45).

Es interesante observar cómo muchos de los techos con decoraciones italianizantes, tanto pintadas como en relieve, incluyen medallones con rostros. Alberti, en su Libro IX ([1485] 1977, 278) recomendaba este tipo de motivos en los lugares donde habitaban las mujeres, alegando que de este modo los hijos nacerían más hermosos.[6]

Se podrían establecer relaciones entre este tipo de elementos y algunos precedentes de piezas de entrevigado romanas, aunque quizá sea más razonable



Figura 11
Detalle de la decoración de entrevigado en una casa de Valencia. Fotografía F. Iborra

considerar que lo que se está tomando como modelo son los estucos usados en las bóvedas. A nivel técnico, es inevitable relacionar esta técnica con la ejecución de las primeras ornamentaciones de placas de yeso moldeadas, presentes al menos desde 1510 en la Capilla de Todos los Santos en la cartuja de Portaceli o en algunas piezas del Palacio de los Centelles de Oliva, donde se usaron los mismos moldes (Gavara 2013, 24). También estaría ejecutada con moldes de madera la pequeña bóveda de la galería de este palacio, que conocemos por antiguas fotografías (figura 12).

Esta técnica contrasta con las recias yeserías macizas del período gótico y estaría bastante más próxima a la ejecución de los estucos romanos, descritos por Adam (2002, 246). No obstante, hay que tener en cuenta el uso de moldes y placas en algunas yeserías andalusíes, y que las decoraciones renacentistas, repetitivas y de escaso relieve, son óptimas para el uso de esta técnica. Es decir, que probablemente nos encontramos ante una recuperación casual por ser la técnica más eficiente para lograr este tipo de decoraciones.

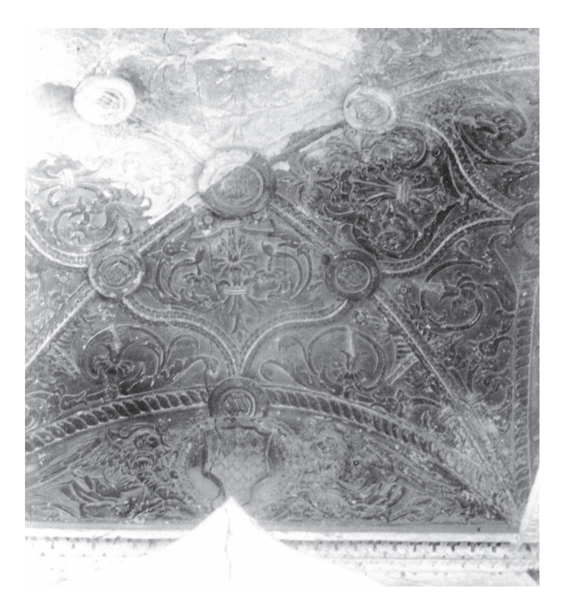


Figura 12
Bóveda con decoración de yeso en el desaparecido Palacio de los Centelles de Oliva. Fotografía E. Fischer

Alfarjes y artesonados renacentistas en Valencia

Con la transición hacia el siglo XVI, los techos valencianos abandonarán la policromía y se detendrán en el trabajo decorativo de la madera tallada, con profusión de molduras y relieves. Dentro de estos condicionantes se pretenderá evocar las formas de la Antigüedad de un modo original y novedoso.

En primer lugar, cabe destacar el desarrollo de un tipo de alfarje donde las vigas parederas se sustituyen por una cornisa de madera, y en el entrevigado se forman pequeños casetones cuadrados enmarcados por molduras (figura 13). En origen probablemente no pasaron de ser más que versiones regularizadas de las armaduras de cinta y saetino, pero a finales del XV o principios del XVI los recuadros alcanzan gran relieve, convirtiéndose en auténticos casetones. Son muy representativos de esta época de madurez algunos alfarjes del entresuelo del Castillo de Alaquás (¿c. 1510?) y de la Lonja de Valencia (1506). En paralelo, el Museo Nacional de Cerámica conserva pequeños casetones muy similares a los descritos pero ejecutados en terracota, unos con el escudo de los Rabasa de Perellós, fechables entre el segundo y tercer cuarto del siglo XV, y otros procedentes de Castelló de Rugat, anteriores a 1499 (Coll s/f, 139).

Estos techos guardan un inquietante aire de familia con los modelos pétreos de algunos edificios de la Acrópolis de Atenas, como el *Erecteion* (figura 14).



Figura 13
Techo de la entrada del castillo de Alaquás. Fotografía F. Iborra

En Roma, sin embargo, los peristilos suelen resolverse con artesonados planos o abovedados. Ello nos hace preguntarnos si el fenómeno valenciano es una simple evolución natural de los alfarjes tradicionales o si responden a una intencionada recuperación de la Antigüedad, a través del contacto comercial con el Mediterráneo Oriental, sobre todo Sicilia y Grecia.

Otro tema interesante es el de los artesonados hispánicos construidos desde finales del siglo XV. Como sus homólogos italianos, intentarían reproducir los techos con casetonado realizados en la Antigüedad con algo más de fortuna que los precedentes medievales. En el fondo un artesonado no es más que un falso techo de madera, que oculta el sistema estructural de las vigas. En ocasiones éstas quedan parcialmente visibles, contrarrestadas por piezas perpendiculares que cierran los casetones, mientras que en otros casos la decoración falsea totalmente la estructura.

Los artesonados italianos de los siglos XV y XVI suelen seguir este esquema y por ello los casetones tienen relativamente poca profundidad, y están separados por bandas planas correspondientes al ancho de las vigas (reales o postizas en geometrías más complejas). Entre ambos planos se disponen unas molduras para suavizar la transición. Así se resuelven también artesonados primitivos hispánicos como el del Palacio de la Aljafería. Sin embargo, a principios del siglo XVI encontramos en Valencia una serie de ejemplos donde los casetones adquieren una forma piramidal muy acusada, reduciendo el tamaño de los plafones centrales y disimulando la anchura de las vigas, que se falsean hasta morir en un baquetón. Así se resuelve la sala del Castillo de Alaquás (figura 15), y algunas estancias del desaparecido Palacio de los Centelles en Oliva y del perdido Palacio de Mosén Sorell en Valencia, probablemente fechables en la primera década del XVI.

A pesar de su aparente heterodoxia, la rigidez repetitiva de los artesonados valencianos de esta época está más proxima a los techos griegos y las bóvedas de hormigón romanas, como la del Panteón o la Basílica de Majencio. Por otro lado, la concepción de los casetones como pirámides independientes de los soportes es una particularidad hispánica, perfectamente definida ya a mediados de siglo en el desaparecido Tocador de la Reina del Alcázar de Segovia y que se puede relacionar con los cupulines de los taujeles nazaríes, con precedentes en el Hospital del Rey en Burgos (s. XIII). El cambio principal después de 1500 consistiría en trabajar las tablillas decorativas conformando molduras.



Figura 14
Techo del *Erecteion* de Atenas. Wikipedia



Figura 15
Artesonado de la sala del castillo de Alaquás. Fotografía F. Iborra

En Valencia debían estar bastante desarrollados los artesonados antes de 1490, lo que explicaría que se contratara a carpinteros valencianos para trabajar en los techos de la casa cardenal Mendoza en Guadalajara (1491) o el castillo de La Calahorra (1502) (Gómez-Ferrer 2014, 181).[7] No obstante, son bastante convencionales si los comparamos con los techos valencianos posteriores a 1500, descritos antes. Acaso el cambio podría relacionarse con el primer artesonado del *Salone dei Cinquecento* en el Palazzo Vecchio de Florencia (1494), bajo el que uno de los «Hernandos» (Hernando de Llanos y Fernando Yáñez de la Almedina, activos en Valencia desde 1505) colaboró con Leonardo da Vinci en los frescos de la *Batalla de Anghieri*.[8]

Conclusiones

Como se ha repetido en varias ocasiones a lo largo de estas líneas, durante el siglo XVI nos encontramos con una reinvención de métodos y técnicas ya usadas por el mundo romano. En algunos casos esta coincidencia estaría propiciada por la relectura de los textos de Vitruvio y otros tratadistas, o la importación directa de técnicas o artesanos italianos formados en el mundo renacentista. En otras ocasiones, como en el caso del empleo de moldes, estaríamos simplemente ante una respuesta inteligente para un problema concreto. Finalmente nos encontramos ante una serie de casos en los que las técnicas constructivas locales se envuelven de un lenguaje clásico para adaptarse a las nuevas modas.

Notas

1. Quizá no sea casualidad que en la reconstrucción de este patio catedralicio, realizada a partir de los huecos presentes en las estructuras contiguas, los soportes de los arcos tengan aproximadamente la misma altura (en torno a 5 metros) que las restituciones hipotéticas de la basílica romana de la ciudad. No obstante, parece que ésta se incendió en el siglo III y no se volvió a reconstruir (Escrivá, Jiménez y Ribera 2013, 64) por lo que también cabría pensar en piezas de cualquier otro lugar, quizá aprovechadas ya en la mezquita sobre la que se asentó la catedral del siglo XIII.
2. La misma solución (aunque con basas de mármol originales) la podemos ver, por ejemplo, en la portada dieciochesca de la iglesia parroquial de Cabanes (Castellón). En este caso es evidente que las dos columnas (cuatro fragmentos ajustados) son de piedra diferente y presentan algunos rebajes debidos a su antigua ubicación.
3. Las columnas de la Almoina y sobre todo las de Santo Domingo parecen estar formadas por tambores de alturas irregulares y no por piezas monolíticas, lo que sugiere algún tipo de revestimiento para disimular las juntas.
4. Debemos agradecer esta noticia al Inspector de Patrimonio Ignacio Matoses Ortells.
5. Concretamente nos referimos a las cubiertas primitivas de la nave perimetral del Almudín de Valencia (visible en fotografías anteriores a la última restauración) y del Consulado del Mar (construida en 1533 y representada por Ramón María Ximénez en el siglo XIX). En ambos casos, la colocación de unas pocas correas horizontales y de un tercer orden de pares paralelos a la pendiente resulta extraña, y más apropiada para soluciones de teja vana, colocada sin tablero. Encontramos también referencias a teja vana como preexistencia en la reparación de tejados del desaparecido palacio de Mosén Sorell, terminado a principios del XVI.
6. Esta regla se cumplía al menos en el desaparecido Palacio de los Centelles de Oliva, donde se encontraban medallones con rostros en la llamada Sala de Armas (que no era más que el dormitorio principal, como se puede comprobar al analizar los recorridos y el inventario del edificio) y en varias de las alcobas anexas.
7. Esta autora señala en 1476 la presencia documental de techos con *barcelles de copades* (artesas de molduras) en el palacio de Alcócer, señorío adquirido por los Mendoza en 1491. No obstante, el documento (trascrito en Zaragozá y Gómez-Ferrer 2007, 330-331) resulta ambiguo y hace referencias a cintas y saetinos, por lo que pensamos que pudiera tratarse de una moldura a modo de cornisa, habitual en la época. Más explícita podría ser una noticia de 1488 de un techo de *tirants ab botgets e copades* (Archivo del Reino de Valencia, Bailía General, nº 9127) El *botget* era la tabla inclinada que se colocaba en los alfarjes para cubrir huecos entre vigas, similar a las piezas usadas para conformar los casetones.
8. Según la descripción de Vasari ([1550] 1966, 4: 241) en el techo florentino «*tanto quanto erano grosse le travi fu fatto un piano, che rigirava intorno al quadri*». Esta referencia al «plano» es la que nos sugiere una marcada forma piramidal. Sobre la importancia de los Hernandos en Valencia, Gómez-Ferrer 2014.

Lista de Referencias

Adam, Jean-Pierre. 2002. *La construcción romana. Materiales y técnicas*. León: Editorial de los Oficios.

Alberti, Leon Battista. [1485] 1977. *Los diez libros de arquitectura*. Valencia: Albatros.

Aldana Fernández, Salvador.1992. *El Palacio de la Generalitat de Valencia*. Valencia: Consell Valencià de Cultura.

Álvarez Martínez, José Mª. y Trinidad Nogales Basarrate. 2004. «Programas decorativos del foro colonial de *Augusta Emerita*. El 'Templo de Diana' - Templo de culto imperial». En *La decoración arquitectónica en las ciudades romanas de Occidente*. 293-319. Murcia: Universidad de Murcia.

Blanco Freijeiro, Antonio. 1983. «Nuevas inscripciones latinas de Mérida». *Boletín de la Real Academia de la Historia* 180-2: 235-243.

Coll Conesa, Jaume. (s/f). *Historia de la cerámica valenciana*. Valencia: Asociación Valenciana de Cerámica.

Escrivá Chover, Isabel; Albert Ribera i Lacomba y José Vioque Hellín. 2010. *Guía del Centro Arqueológico de l'Almoina*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia.

Escrivá, Mª Isabel; J. L. Jiménez y A. Ribera. 2013. «La curia y la basílica de *Valentia*». En *Las sedes de los Ordines Decvrionvm en Hispania. Análisis arquitectónico y modelo tipológico*. 53-68. Mérida: CSIC.

Gavara Prior, Joan. 2013. «El nuevo léxico 'a la romana' del Palacio condal de Oliva y sus posibles artífices». En *El Palacio condal de Oliva. Catálogo de los planos de Egil Fischer y Wilhelm Lauritzen*, 19-30. Valencia: Diputación de Valencia.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 1998. *Arquitectura en la Valencia del siglo XVI. El Hospital General y sus artífices*. Valencia: Albatros.

Gómez-Ferrer Lozano, Mercedes. 2014. «Viajes de ida y vuelta. La recepción del Renacimiento en Valencia». En *Bramante en Roma, Roma en España. Un juego de espejos en la temprana Edad Moderna*, 160-183. Lérida: Universidad de Lérida.

Gimeno Pascual, Helena. 1997. *Historia de la investigación epigráfica en España en los siglos XVI y XVII a la luz del recuperado manuscrito del Conde de Guimerá*. Zaragoza: Institución 'Fernando el Católico'.

Iborra Bernad, Federico. 2014. «El incendio de 1586 y la nueva fachada renacentista de la antigua Casa de la Ciudad de Valencia». *Ars Longa* 23: 113-130.

Marín Sánchez, Rafael. 2014. *Uso estructural de prefabricados de yeso en la arquitectura levantina de los siglos XV y XVI* [Tesis doctoral no publicada]. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Vasari, Giorgio. [1550] 1966. *Le vite de' più eccellenti pittori scultori e architettori*. Firenze: Sansoni.

Vitruvio Polión, Marco [1787] 1992. *Los Diez Libros de Arquitectura*. (traducción y comentarios por J. Ortiz y Sanz). Madrid: Akal.

Zaragozá Catalán, Arturo y Vila S. Ferrer. 2014. «La capilla del Santo Cáliz de la cena del Señor, antigua Sala Capitular de la catedral de Valencia». En *Valencia ciudad del Grial. El Santo Cáliz de la Catedral*, 79-105. Valencia. Ayuntamiento de Valencia.

Zaragozá Catalán, Arturo y F. Iborra Bernad. 2011. «Fábricas de ladrillo aplantillado en Valencia durante la Edad moderna». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* 1489-1498. Santiago de Compostela: Instituto Juan de Herrera.

Zaragozá Catalán, Arturo y M. Gómez-Ferrer Lozano. 2007. *Pere Compte arquitecto*. Valencia. Generalidad Valenciana.

Rafael Aburto y el Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden. La utilización de la bóveda tabicada como alternativa constructiva

Jorge Francisco Jiménez Jiménez

Cuando el arquitecto Rafael Aburto Renovales (1913-2014) recibió el encargo de construir para la Organización Sindical del Hogar (OSH) una sede comarcal para la Delegación Nacional de Sindicatos junto a cincuenta y cuatro viviendas en Quintanar de la Orden debió de considerar los profundos problemas que aquello suponía para su correcta consecución. Aquella localidad de la mancha toledana no sólo se encontraba en un entorno plenamente rural, alejada más de cien kilómetros de toda capital, sino que en aquella dura década de los cuarenta, en plena Autarquía, todo recurso que permitiera llevar a cabo el proyecto parecía tremendamente lejano.[1]

Se enfrentaba a priori a dos tipos de problemas. El primero construir una serie de viviendas según su forma de entender la arquitectura, –eminentemente moderna–, sin traicionarse a sí mismo, pero logrando al tiempo que los futuros inquilinos no extrañasen el espacio al convertirlo en sus casas. No era un tema menor y años después no logró esa sincronía en proyectos como las viviendas experimentales de Villaverde o el Grupo Ergoyen de Neguri (Bergera y González 2002, 6-33). Para solucionarlo, como ahora veremos, recurrió a un interesante ejercicio en el que tomó como referente la casa popular y la vistió de modernidad.

Si en la solución de este problema ya avanzamos que logró un evidente éxito, no lo fue menos en el segundo: el hecho mismo de llevar a término aquel encargo. En un momento en el que la OSH mostró una actividad constructiva muy exigua, que el conjunto de Quintanar de la Orden (1946-1949) se llegase a terminar y no quedase en proyecto es tremendamente meritorio.[2] Para ello Aburto recurrió de nuevo a la tradición y encontró en ésta la clave para su éxito al decidir emplear materiales de la zona. Combinados con ellos fue la bóveda tabicada el componente más importante para llevar a cabo el Grupo José Antonio y es el elemento más definitorio de todo el conjunto tanto estructural como estéticamente.

Materiales tradicionales y bóvedas tabicadas

En 1943 Rafael Aburto es nombrado Arquitecto Asesor de la Oficina Técnica de la Jefatura Provincial de Toledo de la OSH (Sambricio 2005, 26-30) y comienza a hacerse cargo de diferentes encargos para la Institución en localidades de la provincia. Cuando recibió el del grupo quintanareño hacía tan sólo tres años que había terminado sus estudios, corría el año 1946 y contaba con treinta y tres años. Pertenece por tanto a sus primeros pasos como profesional y quedaba aún lejos su proyecto para la Casa Sindical de Madrid (1949), el cual puede ser tomado por diversas causas un punto y aparte en su trayectoria. En el proyecto debía ayudar a solventar la falta de viviendas en la localidad manchega aprovechando la construcción de la mencionada sede comarcal.

El momento en el que se enmarca el proyecto se caracterizaba por una gran penuria económica, la guerra civil no sólo había causado grandes destrozos

en localidades y barrios enteros, sino que también había dañado sobremanera todo el entramado empresarial vinculado a la construcción. Afectó a fábricas, medios de transportes, promotoras y el resto de elementos partícipes en la construcción de viviendas. El nuevo gobierno salido de la sublevación hubo de decidir de qué manera iba a realizar la denominada «reconstrucción nacional», ámbito en el que tuvieron cabida diferentes maneras de entender la arquitectura. Para ello sancionó un amplio cuerpo legislativo desde muy pronto y creó diferentes instituciones como el Instituto Nacional de Vivienda, la Dirección General de Regiones Devastadas o la misma OSH.

En ese contexto se dio un gran valor a la vivienda y se buscó que, aún con las limitaciones a las que se enfrentaba la arquitectura se facilitara el acceso y se mejoraran las condiciones del hábitat. Ante la necesidad de construir en entornos poco favorables la mayoría de los arquitectos tuvieron que recurrir al ingenio para poder llevarlas a cabo con los escasos recursos existentes.

> A nuestros constructores no les hacen falta teorías, sino soluciones a las realidades actuales de restricciones y dificultades enormes de materiales, transportes y medios auxiliares. En todas nuestras Comarcales se ha agudizado el ingenio para suplir airosamente lo que en estado normal se hubieran llamado prácticas de buena construcción. En los recorridos por España hemos visto soluciones ingeniosas, nacidas esporádicamente ante el caso concreto de una dificultad. Es la lucha de las comarcas y pueblos por conseguir su autarquía de construcción (Cámara 1941, 19).

En este sentido el caso de Quintanar de la Orden no fue una excepción y la elección de los materiales por parte de Aburto fue uno de sus grandes aciertos. Eligió como base de todo el conjunto la combinación de «mampostería de piedra caliza de color rosáceo, para los muros exteriores de planta baja, y de doble tabique de ladrillo hueco, enfoscado de cemento y enlucido con varias manos de cal, para el superior» (Aburto 1951, 14-16). Estos materiales fueron proporcionados por el Ayuntamiento, que acordó ceder piedra y arena para el proyecto por considerar «esta obra como beneficiosa para esta población» y accedía a llevar al pie de las obras desde las canteras de la localidad «cuatro kilómetros de piedra y dos de arena».[3] Por ello obligó a sus vecinos a colaborar aportando remolques llenos de piedras según los cupos que les fueron asignados conforme a la ordenanza municipal de *Prestación personal de transportes*.[4] De este modo parte de la materia prima fue trasladada desde puntos cercanos de la localidad de forma muy económica, hecho demostrativo de las diferentes soluciones buscadas para el problema de los materiales *in situ* y que desde diversos sectores técnicos se abordó apostando por el estudio de los recursos locales, la producción en serie y la planificación (Cámara 1941, 19-40).

En el caso del Grupo José Antonio el principal problema derivaba de cómo construir las superficies horizontales de forma resistente en ese contexto, para lo que se recurrió a una técnica tradicional como era la bóveda tabicada o catalana. Ésta consiste en construir los techos y otras superficies horizontales a través de ladrillos colocados por su parte plana desarrollando un arco rebajado de luz muy corta (figura 1). Esta técnica permitía construir deprisa si los albañiles eran lo sufi-

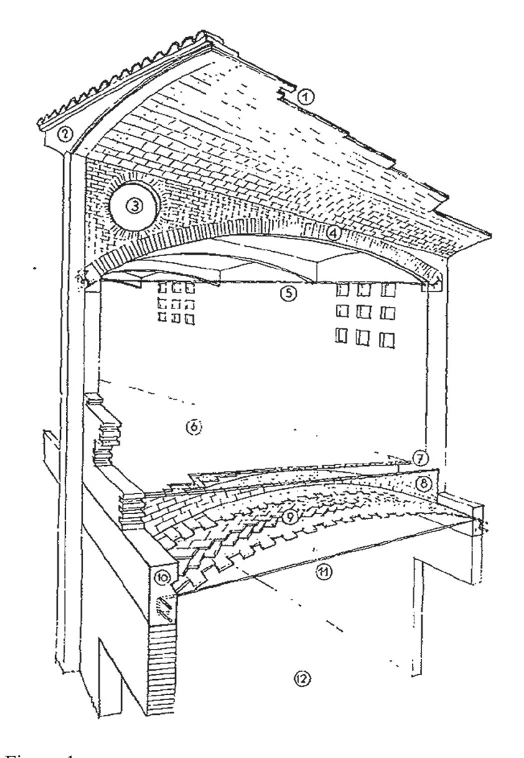


Figura 1
Esquema de construcción de las bóvedas tabicadas (Aburto 1948)

cientemente conocedores de ella, muchas veces sin cimbras, y con apenas los elementos cerámicos y el mortero como materiales de construcción. Era por tanto un sistema barato por sus recursos y rapidez, algo idóneo para el difícil contexto en que se construyó el conjunto quintanareño y que no volvió a usar en el anteproyecto que hizo en la misma época, 1949, para el Mercado de Abastos de la localidad, basado en una estructura arquitrabada de pilares sencillos.[5]

A su vez las bóvedas se combinaron con tirantes de acero de pared a pared, elemento que ayudaba a la estabilidad de los muros de carga y la cubierta. La combinación de ambos recursos dio como efecto final el aprovechamiento de «la capacidad mecánica a compresión de las piezas cerámicas […] y, por otro, la del acero a tracción para atirantar los respectivos muros de carga» (Pozo 2011, 14). Sobre esta estructura abovedada se sustentaban las superficies planas de los pisos y las cubiertas, para lo que se empleaban tabicas transversales que terminaban de «dar rigidez al sistema» (Aburto 1948, 299). Por aquellos mismos años su compañero y amigo Francisco de Asís Cabrero utilizó una solución similar a la hora de levantar las viviendas de la colonia del Pilar en Madrid (Cortés 2009, 21), lo que nos ayuda a entender cómo el principal referente para ambos fue Luis Moya, profesor en la Escuela de Arquitectura que ya había ensayado este sistema en 1942 en las viviendas que construyó para la Dirección General de Arquitectura en el madrileño barrio de Usera (García-Gutiérrez 1996, 233).[6]

Utilizando este sistema constructivo Aburto diseñó cincuenta y cuatro viviendas en torno a una plaza rectangular sobre una parcela asimétrica de cuatro lados ubicada en una de las tierras más fértiles de los alrededores del casco antiguo de la localidad[7]. La plaza se comunica con el resto de la población a través de siete calles estrechas y longitudinales, de las cuales se acotaron tres en los accesos con un sistema de arcos que dotan al conjunto de uniformidad. Las casas fueron distribuidas en hilera a través de cinco tramos conforme se puede observar en los gráficos adjuntos. Empleando este sistema también levantó la Casa Sindical, elemento central del conjunto que preside un espacio prácticamente diáfano con la única salvedad del depósito de agua en forma de torre que se levantaba en el centro de la plaza (figura 2).

Fue un momento en el que los materiales disponibles fueron en la gran mayoría de los casos los responsables de las limitaciones, solventadas la mayoría de las veces por el propio ingenio de los arquitectos. En la obra de Aburto para Quintanar de la Orden los materiales fueron un escollo pero no un impedimento crucial para su autor, quien logró llevar a cabo la construcción recurriendo al uso de las técnicas tradicionales. Prueba de ello son sus propias palabras cuando, describiendo el proyecto de la Granja Escuela de Talavera de la Reina, muy parecido en las técnicas y materiales empleados por el autor, así como coincidente en fechas y problemáticas, declaraba:

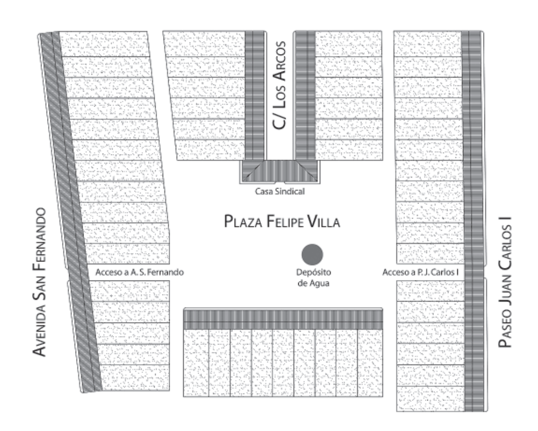


Figura 2
Planta del Grupo José Antonio (Pozo 2011) con notas del autor

> …que, en su principio, fue proyectada su estructura totalmente en hormigón armado; pero con objeto de dar mayor impulso a las obras, fue sustituida en la marcha de las mismas por un sistema de bóvedas, distintas para cada caso (Aburto 1948, 299).

No son por tanto las decisiones del arquitecto evocaciones gratuitas del mundo rural y los beneficios de la tradición, sino una toma de posición responsable con la necesidad la cual hizo que su forma de trabajar, basada en la modernidad y el hormigón armado, hubieran de plegarse a la economía del momento sin que su lenguaje se viera menoscabado.

La Casa Sindical

El edificio principal, perteneciente a la entidad que promovió el conjunto, se levanta sobre una triada de

bóvedas rebajadas que permiten el paso de vehículos y transeúntes por la actual calle los Arcos, la central del lado norte de la plaza. Se diseñó buscando su preeminencia en la plaza con respecto al resto de edificaciones con las que guarda relación y en planta ocupa una superficie de 225 m². Su fachada principal se ubicó en el lado interior, el arquitecto la dividió claramente en dos partes, –inferior y superior–, a través del acabado y los materiales, al tiempo que incluía elementos de conexión entre ambos niveles. El cuerpo inferior está realizado en aparejo toledano mientras que el superior está enlucido y pintado de un blanco impoluto sin elementos ornamentales. Con este recurso Aburto dotó de cierta ligereza a la fachada al hacer sobrevolar la parte clara sobre la piedra y el ladrillo de la inferior, mucho más rotunda visualmente. Este acabado estético responde también a la estructura interior de la construcción (figura 3).

Ambos cuerpos fueron organizados simétricamente por el arquitecto al destacar uno central al que se le adosan otros dos laterales iguales entre sí. En la parte inferior estos están formados por dos cubos opacos pero no uniformes ya que al ser realizados los muros en aparejo toledano se fracciona rítmicamente gracias a su característica combinación de ladrillos y piedras. En el centro de ambos se abre por contraposición el vacío a través de las tres arcadas de las bóvedas rebajadas bajo las que discurre la calle y que se sustentan sobre muros con similar acabado.

Esta estructura se proyecta en cierto modo en la parte superior del edificio prolongando hacia arriba las arcadas con dos amplios paramentos blancos, rotos tan sólo por las ventanas. De arriba a abajo se abre una brecha, fruto de hacer coincidir cada una de las arcadas inferiores con una superior que deja visualizar desde el exterior el sistema constructivo, las bóvedas tabicadas. Esta solución es significativa en cuanto a la modernidad del diseño por la decisión de mostrar al exterior ese sistema sin enmascararlo y constituyendo su componente funcional también el ornamental. Para ello el paramento en esta zona central se retranquea generando tres balcones enmarcados por las tres arcadas superiores y que sugiere en cierto modo una relectura del tradicional «balcón de apariciones».

Transmite esta fachada cierta imagen de dinamismo gracias al «corte vertical» que dota de monumentalidad al espacio central superior y que volvió a emplear en el proyecto para la Granja Escuela de Talavera de la Reina. En ambos casos la decoración adjetiva es nula, tendente a la abstracción, y entre los tres arcos que sostienen la techumbre y los módulos a nivel de calle tan sólo queda la brecha abierta por la pared retranqueada que habilita un interesante juego de volúmenes que da al vacío un lugar especial



Figura 3
Dos vistas de la Casa Sindical del Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden (Jiménez 2014)

dentro de toda la estructura.[8] El resultado es de gran elegancia, la cual el arquitecto gustaba definir como:

> …lo profundo y sencillo, ya que la elegancia estribaba en la consecución de grandes resultados empleando pocos elementos, de tal forma que la extrema elegancia se daría en quien dejase traslucir una gran facultad sin pretender hacerlo (Fernández 2000, 531-532).

El acceso al edificio se realiza a través de dos puntos ubicados en la zona de debajo de las bóvedas, protegidos de las inclemencias meteorológicas. Una de las puertas da paso a una amplísima caja de escaleras que conduce a la parte superior, cuya distribución se articula en función de la orientación de las bóvedas ante la necesidad estructural de contrarrestar los empujes. Todas las habitaciones contaban con luz natural, incluso el pasillo y el archivo, una característica que hoy, –reformada su distribución para amoldarse a nuevas necesidades–, es una de sus grandes virtudes.[9]

Esta disposición se corresponde directamente con la premisa de la OSH de cuidar la salubridad de las nuevas construcciones, para lo cual era importante buscar en todas las habitaciones luz natural, buena ventilación, unos mínimos recursos sanitarios y metros suficientes por unidad de habitación. Estas normas, ya declaradas en sus mismos estatutos, eran el reflejo del pensamiento falangista y la OSH, conforme a la unidad ideológica del Movimiento intentó aplicarlas en muchas de sus intervenciones. En el caso de Aburto vamos a observar la gran importancia que dio a estas características y a la hora de distribuir espacios en sus edificios intentó siempre que la luz natural y la circulación del aire fueran óptimas.

Todo el conjunto sugiere la arquitectura moderna más aplaudida en la época, representada por grandes edificios como el de la mencionada Casa Sindical de Madrid, a la que nos recuerda en la concepción vertical de algunos elementos. De hecho el conjunto quintanareño ha sido calificado como una «obra de transición» que anuncia los trabajos más punteros realizados por el artista en la década siguiente (Bergera 2005, 154).

Las viviendas

Las viviendas del Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden no son una excepción en la aplicación de la unidad ideológica del Movimiento y de hecho muchas de sus características están presentes y componen algunas de sus principales bondades constructivas. Se diseñaron dos tipos de viviendas para el conjunto conforme a su tamaño, muy similares entre sí pero con algunos matices importantes. Las más grandes se dispusieron en el lateral Este de la plaza y en los flancos de la calle de los Arcos, mientras que las más pequeñas cerraron el conjunto en el Sur y el Oeste. El autor las diferenciaba entre «la *A* y la *B*» (Aburto 1951, 14-16), correspondiéndose la primera con las más pequeñas, la cual tomaremos como tipología básica.

En origen estas casas contaban en su parte inferior con un distribuidor que conducía al baño de la vivienda,[10] la caja de escaleras, una habitación, y la cocina, la cual a su vez daba paso al comedor y al patio trasero. En la parte superior la escalera llevaba a otro pequeño distribuidor que articulaba el paso a las dos habitaciones que copaban todo el nivel, una de ellas con armario empotrado. Este piso era mucho más pequeño que el inferior, el cual sobresalía tanto en alzado como en planta.

De nuevo fue el empleo de la bóveda tabicada como sistema constructivo lo que permitió levantar los elementos horizontales como ya se explicó en la Casa Sindical. Para ello el arquitecto empleó de nuevo los materiales descritos en gruesos muros de carga en el primer nivel con el fin de darles estabilidad, disminuyendo el grosor de los del segundo. Esta solución además respondía también a motivaciones climatológicas puesto que, –como indican los estudios de arquitectos de la época–, el cálculo de muchos edificios pequeños llevaba a diseñar muros de espesores reducidos de no más de «medio pie de ladrillo; pero la función de los muros no es solamente de resistencia, sino de aislamiento térmico y acústico, para hacer confortable la vivienda» (Cámara 1941, 21). Éstos se combinaron en el interior con finas tabiquerías para aquellas paredes sin función sustentante y con el uso de contrafuertes al exterior en aquellos paramentos verticales que pudieran presentar una debilidad más acusada por el peso de la cubierta. Este problema se concentra principalmente en la fachada que da al patio, puesto que al interior se corresponde con el vano de las escaleras y no cuenta con otro refuerzo adicional que no sea este contrafuerte.

En cuanto a la cubrición el arquitecto optó para todo el Grupo por las cubiertas a una o dos aguas con

teja tradicional. En el modelo básico de vivienda para el piso superior empleó cubierta a un agua con vertiente hacia la calle, y otra en sentido opuesto para la inferior al sobresalir en planta.

Junto a este modelo Aburto desarrolló un segundo tipo de vivienda muy similar, la *B*, cuya principal diferencia radicaba en un segundo piso más grande que se prolongaba horizontalmente hasta igualar el inferior. En este último caso la parte baja de la casa no se marca ni en planta ni en alzado y una única cubierta a dos aguas cubre todo el edificio. Del mismo modo se puede observar cómo en estas viviendas el arquitecto pudo prescindir del contrafuerte de la fachada trasera al poder jugar mejor con las cargas de una tapia con mayores puntos de refuerzo, por lo que quedó integrado en el propio muro interno. Como es lógico, la ampliación de la superficie habitable en la planta superior se traduce en una distribución de habitaciones diferente, diseñando cuatro estancias.

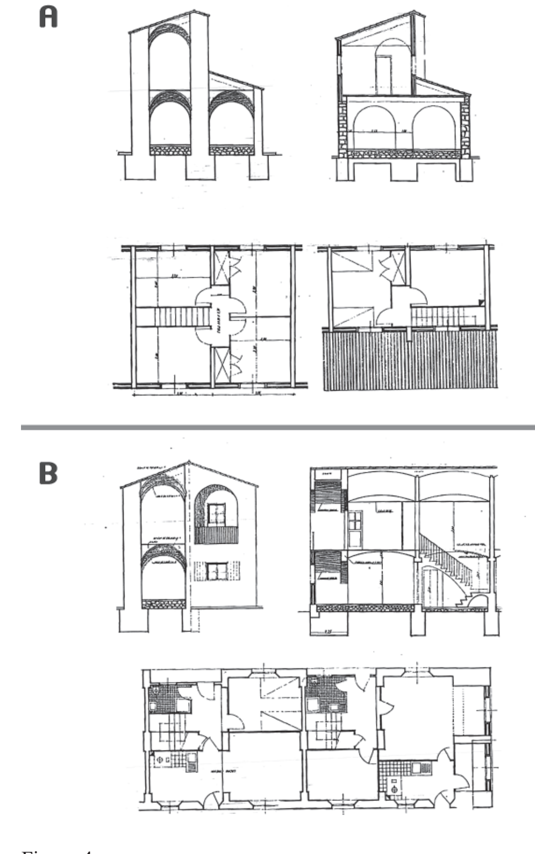


Figura 4
Plantas y alzados de las viviendas del Grupo José Antonio (Aburto 1951)

Igualmente se aprecian modificaciones distributivas en una segunda variante empleada por el arquitecto para aquellas viviendas ubicadas en esquina y que por tanto contaban con uno de sus muros laterales a la vista[11]. En estos casos Aburto adosó a la estructura un cuerpo adicional que remataba los flancos de cada uno de los tramos de la hilera de viviendas, proyectando las líneas de fachada casi dos metros y articulando el muro de cierre lateral a través de grandes arcos de medio punto. A través de estas estructuras se diseñó en la planta baja una prolongación al comedor y una habitación anexa a la cocina. En el piso superior la ordenación permitió la creación de terrazas a las que se accedía por una puerta de doble hoja.

Esta distribución no es en absoluto caprichosa y el uso de la construcción de las viviendas en hilera sirvió para dotar de resistencia al Grupo al tiempo que se ahorraba en espacio, costes y materiales. Para ello el arquitecto volvió a contar con el referente de Luis Moya y las viviendas que éste había levantado en el barrio madrileño de Usera en 1942, en las que se demostró «lo rentable de adosar un cierto número de bóvedas iguales» (García-Gutiérrez 1996, 233). De modo análogo Aburto distribuyó las viviendas de tal forma que cada bóveda contrarrestaba los empujes de las que se encontraban inmediatamente a su lado, levantó muros en medianería, y pudo prescindir del uso de contrafuertes.

Este juego de empujes encontraba su punto flaco en las viviendas en esquina pues sus bóvedas no encontraban contrarresto en uno de sus laterales y eran más susceptibles de presentar problemas de estabilidad. Para compensar este contratiempo se recurrió a la ubicación de los mencionados módulos, cuyas bóvedas se realizaron en sentido perpendicular al resto a igual que hizo en la Casa Sindical. De este modo las estructuras en esquina sirvieron para ampliar en el interior las habitaciones, mas su principal función fue estructural haciendo uso de una inteligente solución acorde con la economía de medios del proyecto.

Las bóvedas son siempre de cañón seguido con un 10 por 100 de contraflecha. Los empujes se contrarrestan entre sí, y en los extremos se absorben por medio de contrafuertes (Aburto 1951, 14-16).





Figura 5
Dos vistas de las viviendas del Grupo José Antonio (Jiménez 2014)

En ninguno de los casos el sistema constructivo se enmascaró y el diseño sigue el descrito en la Casa Sindical, permitiendo identificar los elementos estructurales desde la simple observación. Los techos no se ocultan en el interior y todos los espacios dejan ver las bóvedas tabicadas prescindiendo de falsos techos. Lo mismo ocurre en la fachada principal, y si en el edificio sindical las bóvedas se traducían al exterior en las arcadas a nivel de calle y en las que conforman los balcones, en las viviendas vuelven a hacer su aparición enmarcando la puerta principal.

Este reflejo de la bóveda es sin duda el elemento más llamativo de la fachada de las viviendas, resueltas con bastante sencillez pero acordes con la noción de conjunto que tuvo la intervención del Grupo José Antonio. Aburto vuelve a combinar en esta ocasión paramentos blancos desornamentados y un aparejo irregular con remates en ladrillo, aquí sin las franjas horizontales del toledano. En la planta baja la fachada se divide en dos módulos diferenciados tanto por los materiales como por su morfología. Uno de ellos es un cuadrado perfecto de aparejo de piedra irregular con una esquina rematada con ladrillos y en el centro una ventana cuadrada con similar remate en el dintel. A su lado el otro módulo es de proporciones similares, retranqueado con respecto a la línea de fachada por lo que deja ver la terminación de la bóveda tabicada. En esta zona se enmarca el área de acceso con la puerta de entrada y la ventana del baño, ambas protegidas levemente de las inclemencias del tiempo por el piso superior. Esta zona queda en blanco y también se remarca en la esquina con ladrillos, contraste que permite dar profundidad a la entrada a pesar de no llegar el retranqueo al medio metro. Estos módulos se ubican a izquierda o derecha según se van pareando las viviendas jugando rítmicamente con líneas rectas y curvas, y con la sucesión de materiales. Sobre este nivel el arquitecto jugó una vez

más con la ligereza del blanco y la sencillez del acabado, y levantó un paramento plano con dos ventanas cuadradas centradas con los módulos inferiores.[12]

Dejando a un lado este aspecto debemos retornar al interior para fijarnos en la existencia destacada de un amplísimo patio junto al espacio habitacional propiamente dicho. Éste daba a la calle contraria a través de un gran portalón y estaba cerrado por muros de mampostería sin enlucir rematados en su parte superior por una hilera de ladrillos planos que impedía que el agua dañara la tapia. Hoy estas casas pueden parecer pequeñas si comparamos los metros destinados a vivienda con los reservados para patio, sin embargo en esto debemos considerar los preceptos falangistas de la OSH. Según éstos era importante la unión del ciudadano con su espacio vital tradicional y Aburto no perdió de vista el modelo habitacional de la zona. En éste las viviendas destinaban menos metros cuadrados a dormitorios que al conjunto de estancias de usos comunes: patios, pasos de carruajes, cocinas, cámaras, despensas, corrales, cuadras… Incluso eran usuales las llamadas «casas de vecinos», donde convivían varias familias compartiendo determinados espacios de servicio. Si convenimos lo importante que era en una región rural como La Mancha centro el patio o corral de cara al cultivo de autoconsumo, la cría de animales, o el almacenamiento de bienes y enseres agrícolas, –entre otros muchos usos–, queda explicado sobradamente el porqué de su tamaño. El inmenso patio permitió así que sus usuarios contasen con una edificación adecuada según los cánones de construcción de la modernidad, al tiempo que mantuvieron los elementos básicos de la tradición donde habían crecido.[13]

La forma de distribuir los espacios por parte de Aburto fue definida por la crítica como una de las características más positivas de su trabajo. Esto es perceptible también en el de Quintanar de la Orden, con respecto al cual el mismo arquitecto manifestaba que el «programa, en definitiva, se ha amoldado a los gustos y exigencias de los propios beneficiarios, ya que la elasticidad de la planta así lo ha permitido» (Aburto 1951, 14-16). No se refiere este planteamiento únicamente al modo en que se concibió la sucesión de habitaciones en cada una de las casas sino sobre todo a la flexibilidad que ésta ofrecía a los futuros usuarios. El proyecto permitía que una vez levantada la edificación cada familia pudiera jugar con sus espacios para adaptarlos a sus necesidades. No sólo el amplio patio posibilitaba ir desarrollando habitáculos sin perder la luz de las habitaciones interiores sino que, a pesar de estar condicionadas por un sistema estructural rígido, los usuarios pudieron ir fraccionándolas para distribuirlas mejor.

La unidad de habitación diseñada, –en torno a los 12 m²–, es bastante amplia para la costumbre de la época, las características de una vivienda protegida, y los recursos existentes, algo en lo que parece estar presente de nuevo el ideario falangista. Desde Falange y el resto de instituciones competentes en esta materia se hizo una apuesta clara por omitir totalmente cualquier aspecto de las teorías del Movimiento Moderno sobre vivienda que pudieran ser «susceptibles» de relacionarse con la concupiscencia, la amoralidad y el Comunismo, nociones que identificaban entre sí. Ya en los primeros textos desarrollados durante el Régimen, como por ejemplo el *Plan Nacional de Ordenación y Reconstrucción*, se hace una definición clara del lugar que la vivienda debía ocupar en el Nuevo Estado como sede de la familia. Era ésta, entendida en su sentido tradicional, el lugar donde el ser humano debía encontrar su lugar física y espiritualmente.

> No intentamos dar una descripción de la vivienda, cuyo modelo claro es de todos conocidos, pero sí hemos de señalar la enorme amplitud de este concepto, ya que comprende desde la casa, cuna de la familia y altar de nuestras tradiciones, hasta la casa como instrumento de trabajo... (López 2003).

Sólo en ella encontraba sentido el hombre como individuo y a través de ella el Estado y Falange podían articular el vehículo de adoctrinamiento que buscaban en la reconstrucción del país. Para ello la casa debía cumplir los preceptos morales del Movimiento, cuya traducción arquitectónica era la existencia de una habitación independiente para el matrimonio y la separación de los hijos por sexos, recursos higiénicos mínimos, y la presencia de un espacio común donde se ubicara el símbolo del hogar, por regla general el comedor y la cocina. Con ello se evitaban ante todo las habitaciones de uso común convertibles en dormitorios por las noches, dando a cada espacio una función única, y se ponía especial hincapié en una educación moral de los hijos en el seno familiar. En la vivienda básica del Grupo José Antonio aparece también esa diferenciación: dos se ubican en la planta superior quedando apartadas en un nivel totalmente destinado a ese

fin, mientras que una tercera en el piso inferior puede destinarse o no a este cometido en función del número de componentes de la familia.

El resultado fueron unas casas afines al medio y a los beneficiarios a los que iban dirigidas, y que demuestran que el arquitecto tuvo en cuenta a la hora de su «ejecución las normas y requisitos más en boga de última hora» (Aburto 1948, 299), pero también un deseo expreso de mejorar la vida de la sociedad rural de la Autarquía a través de la arquitectura:

> Y si es verdad que el hombre tiene la arquitectura que se merece, en este caso, en que el beneficiario no decide las condiciones primeras que ha de vivir, sino que le son impuestas, se ha de procurar en lo posible que la arquitectura haga el hombre (Aburto 1948, 299).

La construcción del Grupo José Antonio responde a la intencionalidad de ser una acción integral, supone mucho más que la mera edificación de unas viviendas protegidas junto al edificio institucional y contiene una propuesta urbanística con un elevado peso específico en la configuración de todo el proyecto. No es este el lugar en el que abordar la parte más simbólica del conjunto, –de gran interés[14]–, donde se recoge toda la tradición de las plazas mayores españolas y el concepto falangista de la Ciudad del Movimiento. No hay que confundir estas ideas con la posible concepción historicista del Grupo, de hecho es más bien una intervención continuista con la modernidad arquitectónica de los años treinta y la arquitectura rural. Casos como éste nos recuerdan que a la hora de valorar esta época hay que apartar los prejuicios ideológicos que solían llevar a la crítica a la idea de la unidad de estilo impuesta desde el Estado.

La sensación de uniformidad del conjunto fue reforzada por el arquitecto a través de la sucesión rítmica de los materiales y de elementos constructivos

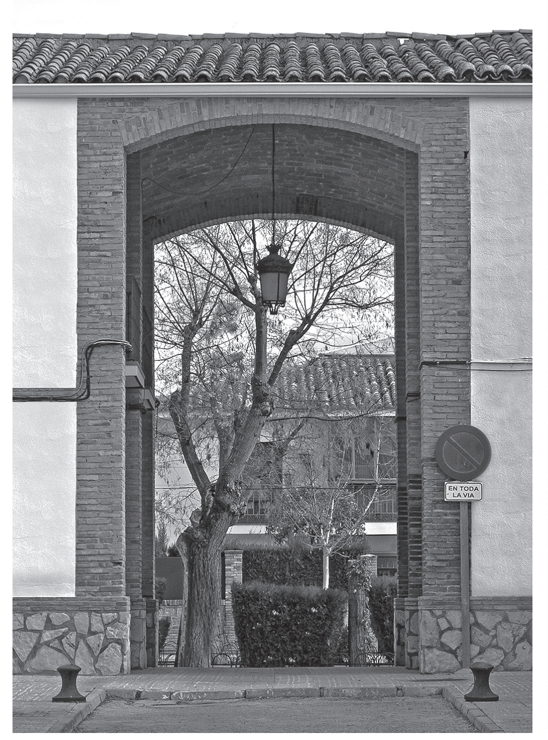




Figura 6
Arcos de acceso al Grupo José Antonio, hoy plaza Felipe Villa (Jiménez 2014)

como las bóvedas tabicadas. Así lo veíamos en las fachadas de las casas y el edificio sindical, donde la alternancia del ladrillo, la piedra y los paramentos blancos enlucidos infieren la sensación de espacio unitario. Terminar haciendo hincapié en los elementos abovedados con los que se remarcaron los tres accesos principales. Uno de ellos es el formado por la triada de bóvedas rebajadas sobre las que sobrevuela la Casa Sindical y que por tanto tiene también una función constructiva. Los otros dos son elementos ornamentales cuya función radica principalmente en marcar la importancia del acceso y la unidad de la actuación. Están formados por la prolongación de la estructura de las casas en hilera, son diferentes entre sí aunque el principio básico sobre el que ambos se asientan vuelve a ser el uso de la bóveda tabicada como sistema constructivo. Una de ellas es una bóveda simple al unir dos hileras de casas pequeñas y la otra es doble, al encontrarse entre las grandes.

El acierto de Aburto a la hora de diseñar el proyecto de Quintanar queda patente en su relativo buen estado actual, cuando ya se ha alterado parte de su imagen. La elección de materiales tradicionales y la búsqueda de un recurso constructivo como la bóveda tabicada para conseguir llevar a cabo un proyecto ambicioso para ese contexto reflejan su gran versatilidad como arquitecto. Hoy este conjunto es un magnífico ejemplo de la arquitectura de la época que llegó a construirse y que no quedó por tanto solo en proyecto, gracias en parte a haber sabido adaptarse a los recursos disponibles.

Notas

1. Esta comunicación nace del libro *El Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden. El debate de la arquitectura y la vivienda en la Autarquía,* publicado dentro de la Colección *Cuadernos Quintanareño*s, del Ayuntamiento de dicha localidad. A su vez recoge otros aspectos que abordamos en la exposición *Del Grupo José Antonio a la Felipe Villa*, ubicada en el Museo Casa de Piedra de Quintanar de la Orden entre el 13 de marzo y el 31 de mayo de 2015.
2. El 1 de mayo de 1947 ya aparece mencionada la construcción en el Ayuntamiento de Quintanar, la primera certificación se firmó en diciembre de 1948. En 1949 estaba prácticamente acabado aunque se extendieron algunas certificaciones hasta 1951.
3. Ostentaba el cargo de alcalde Abelardo Botija. Archivo Municipal de Quintanar de la Orden (AMQO). Sesión Ordinaria del día 1º de mayo de 1947. Registro de Actas de Sesiones de Plenos (16 de julio de 1946 a 17 de octubre de 1949). Libro 24, Sign. 1035. Folios 49-50.
4. Fue sancionada en el municipio el 14 de octubre de 1946. La proximidad de la fecha con el inicio del proyecto nos lleva incluso a pensar que su imposición pudo deberse a la construcción del Grupo. Archivo Municipal de Quintanar de la Orden (AMQO). Ordenanza sobre la prestación personal de transportes. Ordenanzas de Exacciones Municipales. 1947. Sign. 2262.
5. El mercado no llegó a realizarse según el proyecto de Aburto. Se conserva en el Archivo Municipal de Quintanar de la Orden el documento original, de gran interés. Archivo Municipal de Quintanar de la Orden (AMQO). Ante-proyecto de Mercado de Abastos para el Excmo. Ayuntamiento de Quintanar de la Orden. Expediente de Construcción del Mercado Municipal de Abastos. 3.01.04.00.00. Expedientes de Obras Municipales. SIGN. 605.
6. Además Moya, Cabrero y Aburto emplearon en sus obras con bóvedas tabicadas a un aparejador común, Manuel de las Casas Rentería (Urrutia 1997, 380).
7. El terreno medía 24.065 m² y era conocido como la «Puentezuela», una zona de huertas muy rica en agua.
8. El mismo arquitecto manifestaba que «En arquitectura la máxima tentación es la decoración» (Fernández 2000, 531).
9. La Casa Sindical fue durante años la Oficina de Empleo de la comarca hasta quedar vacía y sin función en septiembre de 2012.
10. El baño era completo y fueron los primeros de la localidad gracias al agua que aportaba el depósito del centro de la plaza mediante un motor y un pozo. Sólo funcionaba algunas horas al día según lo accionaban los trabajadores de la Casas Sindical (Jiménez 2014: 99).
11. Estas variaciones fueron diseñadas como complemento de las dos anteriores, *A* y *B*, y fueron definidas como *A'* y *B'* (Aburto 1951, 14-16).
12. Actualmente tan sólo se puede observar esta estructura y acabado tal cual se realizaron en origen en la vivienda número 14 de la plaza, aunque algunas otras mantienen estructuras o materiales bastante cercanos a la idea inicial.
13. Este tamaño a la larga fue otra de las virtudes de estas casas y permitió que fueran ampliándose de forma orgánica en función de la necesidad.
14. Remitimos para ello al libro monográfico sobre el Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden donde sí tratamos sobre este asunto (Jiménez 2014) y a los escritos de Bergera, quien estudió la obra de Aburto en profundidad y ha sido vital en toda nuestra investigación (Bergera 2005).

Lista de referencias

Aburto, R. 1948. «Granja-escuela en Talavera de la Reina». *Revista Nacional de Arquitectura*, 80-81: 299-306.

Aburto, R., 1960. «Grupo de Usera, Madrid, fase de 596 viviendas». *Hogar y Arquitectura*, 28: 19-32.

Aburto, R. 1951. «Viviendas protegidas en Quintanar de la Orden». *Revista Nacional de Arquitectura*, 118: 14-16.

Bergera, I., 2005. *Rafael Aburto, arquitecto. La otra modernidad.* Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos.

Cabañas, M. 2001. *El arte español del siglo XX. Su perspectiva al final del milenio*. Madrid: CSIC.

Cámara, A. 1941. «Construcción de la vivienda rural». *Reconstrucción,* 18: 19-40.

Cortés, J. A. 2009. «Modernidad y vivienda en España, 1925-1965». En *La vivienda moderna. Registro DOCOMOMO Ibérico, 1925-1965*, 11-34. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos/DOCOMOMO Ibérico.

Dols, J. A. 1974. «La OSH y el usuario: los barrios de la OSH crónica de un conflicto». *Cuadernos de arquitectura y urbanismo*, 105: 74-81.

Doz, A. 1964-1965. «Realizaciones de la O. S. del H.». *Hogar y Arquitectura*. 55-56: 16-29.

Fernández, E. 2000. *El espacio sagrado en la arquitectura española contemporánea.* Tesis de Licenciatura. Universidad da Coruña, Departamento de Construccións Arquitectónicas.

García-Gutiérrez, J. 1996. «El sistema de bóvedas tabicadas en Madrid: de Juan Bautista Lázaro (1849-1919) a Luis Moya (1904-1990)». En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Madrid, 19-21 septiembre 1996*, 231-241. Madrid: CEHOPU.

Jiménez, J. F. 2014. *El Grupo José Antonio de Quintanar de la Orden. El debate de la arquitectura y la vivienda en la Autarquía*. Quintanar de la Orden: Ayuntamiento

López, J. 2002. «La vivienda social en Madrid, 1939-1959». *Espacio, Tiempo y Forma*, 15: 297-338.

López, J. 2003. «Vivienda social y Falange: ideario y construcciones en la década de los 40». *Scripta Nova,* 146.

Pozo, J. M. 2011. *Los brillantes 50. 35 proyectos.* Pamplona: T6 Ediciones.

Prieto, L. 1941. «El proyecto y buen uso de la vivienda». *Reconstrucción*, 17: 21-32.

Sambricio, C., 2005. «Aburto vs. OSH: la nueva imagen arquitectónica de la tradición». En *Rafael Aburto*, 26-30. Madrid: Ministerio de Vivienda.

Sambricio, C. 1987. «Madrid, 1941: Tercer Año de la Victoria». En *Arquitectura en regiones devastadas*, 79-100. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Sambricio, C. 2004. *Madrid, vivienda y urbanismo: 1900-1960*. Madrid: Akal.

Sambricio, C. 1977. «'…¡Que coman República!' Introducción a un estudio sobre la Reconstrucción en la España de la Posguerra». *Cuadernos de arquitectura y urbanismo*, 121: 21-33.

Evolución de las características constructivas y estructurales de la arquitectura de Santiago de Chile entre los siglos XVI y XIX. En la búsqueda de un comportamiento sismorresistente

Natalia Jorquera Silva
María de la Luz Lobos Martínez
Carla Farfán Becerra

Chile posee una de las sismicidades más altas del planeta debido a que el país se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana, cercano al margen convergente con la placa de Nazca, ubicada a su oeste. Esta condición hace que el país esté sometido al fenómeno denominado subducción, donde ambas placas convergen y al estar «...'trabadas', acumulan energía hasta que finalmente, ésta es liberada causando un terremoto...» (Centro Sismológico Nacional de Chile) de gran magnitud y larga duración.

El país posee el lamentable récord de registrar los terremotos con mayor magnitud de la Historia, donde los sismos que superan los M~7[1] suceden en promedio cada 10 años, registrándose más de 100 terremotos superiores a dicha magnitud desde 1570 a la fecha (figura 1), según el Registro Histórico del Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile.

Indudablemente esta alta sismicidad ha condicionado desde siempre el desarrollo de la construcción en el país, razón por la cual los pueblos originarios se vieron obligados a desarrollar estrategias arquitectónico-constructivas para enfrentar los sismos. Así, por ejemplo, las culturas andinas del norte de Chile —habitantes de las áridas tierras del altiplano de la Cordillera de Los Andes—, crearon desde épocas pre-hispánicas edificaciones pequeñas de mamposterías con formas levemente trapezoidales y con adición de contrafuertes en aquellas más grandes, solución que siguen adoptando hasta el día de hoy. En cambio, las culturas del centro y sur del país, donde —debido a las numerosas lluvias— abunda la madera, prefirieron la edificación de construcciones livianas a base de entramados vegetales, las cuales no sufren ningún tipo de daños con los terremotos. Refiriéndose a estas últimas, una carta de la Real Audiencia fechada un año después del terremoto «Magno» de la Colonia (1647) afirma que «... En toda la tierra de guerra de los indios rebeldes afirman no haver oydo mayor ruydo jamas y como sus viviendas son pajisas y de tablas... no tubo en que imprimir la fuerça del temblor efectos tan horribles como experimentamos nosotros» (Oidores de Santiago 1648 en Gay 1852, 457), haciendo explícito el desafío que significó para los conquistadores españoles el construir edificios sismorresistentes empleando las técnicas constructivas en base a albañilerías y las tipologías por ellos importadas. A pesar de ello, en los siglos que sucedieron la llegada de los españoles al territorio chileno (siglos XVI-XIX), se masificó el uso de albañilerías para todo tipo de construcciones, utilizando el adobe para la construcción de viviendas y el ladrillo cerámico junto con la piedra para los edificios civiles y religiosos, debiendo tomar variadas precauciones de diseño para que éstos lograran un mejor comportamiento frente a esfuerzos dinámicos.

Los terremotos históricos de Santiago de Chile y su influencia en la búsqueda de un diseño sismorresistente

Desde su fundación en 1541, la ciudad de Santiago ha sido afectada por numerosos terremotos, desta-

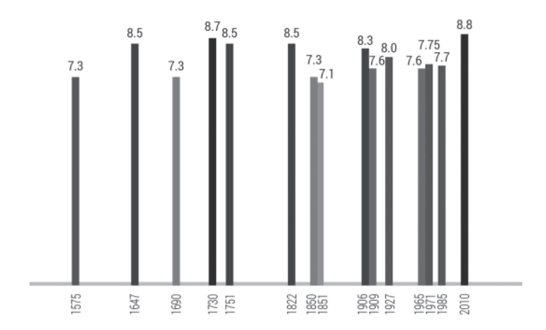


Figura 1
Línea de tiempo de terremotos sobre magnitud M~7 que han afectado Santiago. (Elaboración propia en base a Centro Sismológico Nacional de Chile)

cando los de 1647 y 1730 por ser los dos más grandes del periodo colonial y por su alto grado de destrucción en la ciudad.

El terremoto del 13 de mayo de 1647, llamado el «terremoto Magno», de M~8.5, «comenzó súbitamente a las, aproximadamente, 22:30 horas, generando daño a lo largo de 400 km... devastó la ciudad de Santiago y mató alrededor de mil personas, es decir, a un quinto de su población» (Montessus de Ballore 1912, 18, citado en Cisternas 2012, 25), «...sin dejar edificio en pie templo en que poder celebrar los oficios divinos, ni cassa en que poder vivir ni pared que no quedasse amenaçando segundo peligro...» (Oidores de Santiago 1648 en Gay 1852, 456). Este primer gran terremoto, del cual no quedó construcción en pie además de la Iglesia y Convento de San Francisco, modificó las características de la arquitectura que hasta ese entonces venían creando los colonizadores españoles en la capital. Así, en la reconstrucción de la ciudad se prefirió «...el predominio de los muros llenos sobre los vanos, la disminución en la altura de las habitaciones, especialmente si eran de dos pisos, y la introducción en las estructuras de adobe de un sistema de soleras, llaves, cuñas y diagonales tan bien dispuestas que algunas de ellas ha resistido después a otros movimientos sísmicos...» (Benavides 1988, 155).

El terremoto del 08 de julio de 1730, de M~8.7, volvió a devastar la ciudad de Santiago, destruyendo por sobre todo los edificios religiosos, mientras que las viviendas quedaron «...maltratadas y arruinada mucha parte de sus edificios…» (Medina 1952 en Benavides 1995, 45). Con este terremoto, las construcciones que incipientemente estaban adoptando un estilo más elaborado, con segundos pisos, balcones y balaustradas, propio del Barroco que se vivía en Europa —aunque con la austeridad que implicaba construir en una colonia pobre como lo era Chile en ese entonces—, vuelven a su simpleza y a la predilección del único piso de baja altura.

Ambos terremotos, más el sinnúmero de frecuentes sismos de magnitudes entre M~5 y M~7, hicieron que toda la arquitectura colonial permaneciera con las mismas características durante casi tres siglos, esto es, con un solo piso, predominancia de gruesos muros y pesadas techumbres, pocos vanos y ausencia de toda decoración, características que sólo empiezan a cambiar a mediados del siglo XIX, con posterioridad a la Independencia de los españoles y del arribo al país de otras tecnologías constructivas.

Metodología de identificación de tipologías y técnicas constructivas

Como se aprecia, diversos autores relatan que con posterioridad a los terremotos se adoptaron medidas para mejorar el comportamiento dinámico-estructural de los edificios, destacando el engrosamiento de muros y la disminución de los vanos de los paramentos. Sin embargo, dichos relatos no entregan datos sobre las técnicas y materialidades empleadas, las dimensiones de los cambios efectuados, ni si dichas medidas fueron practicadas en una tipología arquitectónica específica. Así, con el objetivo de dilucidar y cuantificar aquellos cambios, surge la investigación «Rediscovering Vernacular Earthquake-resistant Knowledge: Identification and analysis of built best practice in Chilean masonry architectural heritage» (2013-2016) financiada por el Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica chileno FONDECYT,[2] en la cual a través del análisis directo de los edificios de Santiago «sobrevivientes» a los grandes terremotos, se han obtenido datos precisos sobre las técnicas de construcción y las estrategias de sismorresistencia adoptadas.

Después de identificar alrededor de cien edificios que cumplían con haber sido construidos antes del arribo de las técnicas de construcción industrializadas, además de llegar hasta nuestros días sin grandes intervenciones estructurales, se procedió a clasificar-



Figura 2
Tipologías arquitectónicas construidas con albañilerías tradicionales en el centro histórico de Santiago. (Jorquera y Lobos 2015)

los identificando tipologías arquitectónicas (figura 2) y características en común de sismorresistencia, las cuales tratándose de estructuras de albañilería, se remiten a reglas de proporciones, simetrías y estrategias para bajar el centro de gravedad de las construcciones. Posterior a ello, dichas tipologías se ubicaron en una línea de tiempo marcada por los terremotos, con el objetivo de evaluar la incidencia de ellos en la

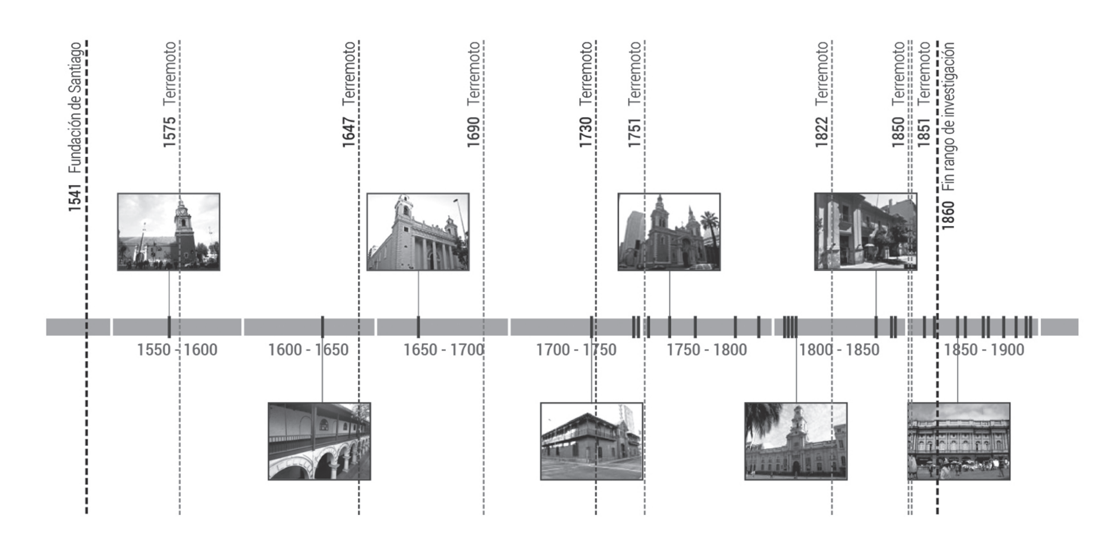


Figura 3
Línea de tiempo con la evolución de las tipologías arquitectónicas en relación a los terremotos. (Jorquera y Lobos 2015)

evolución del diseño de los edificios (figura 3). Cruzando dicha información de campo con aquella extraída de las fuentes históricas, se pudo determinar la evolución siglo a siglo de la arquitectura y las técnicas de construcción en relación a los terremotos que han azotado Santiago, lo cual se mostrará a continuación.

Características constructivas y estructurales de las tipologías arquitectónicas en la búsqueda de un diseño sismorresistente

Las primeras construcciones del siglo XVI

De acuerdo a las crónicas, las primeras construcciones hechas por los españoles eran en base a entramados vegetales con techos de paja, no se sabe si por su carácter provisorio o por la influencia de la mano de obra indígena, que como se mencionó, acostumbraba a construir de ese modo. Dichos entramados se abandonaron luego del gran incendio provocado por el cacique Michimalonco en septiembre de 1541—con el objetivo de recuperar las tierras donde se estaba erigiendo Santiago—, después del cual se adoptó el uso del adobe (bloque de tierra y paja secado al sol) a lo largo del territorio de la Conquista. Esta predilección se debió a que la tierra era un material abundante y que su producción era económica (factor fundamental en una colonia pobre como Chile) y porque, según Benavides (1988), la piedra disponible era muy dura y difícil de trabajar, la madera provenía de árboles de hoja perenne por lo que se debían esperar largos periodos antes de su utilización y el ladrillo cerámico requería de cocción que encarecía los costos. Las techumbres por su parte, utilizaban el sistema estructural en base a tijerales de madera —propios de la tradición andaluza de donde provenían los conquistadores—, las cubiertas de paja y las vigas y dinteles eran de madera. Con estos materiales se construyó una primera arquitectura colonial, austera e introvertida, pensada para protegerse de los combates que frecuentemente se realizaban con el pueblo originario Mapuche por el dominio de las tierras. Debido a la vulnerabilidad típica de las albañilerías frente a los esfuerzos dinámicos, a la fragilidad del material tierra y a la inexperiencia de los conquistadores con los terremotos, de estas primeras construcciones no queda nada.



Figura 4
Fachada principal de la Iglesia de San Francisco, la más antigua de Santiago. Se aprecian sus tres fases constructivas (Jorquera 2014)

De este siglo la única edificación remanente es la Iglesia de San Francisco, la cual en su primera versión también fue construida en adobe y seguramente sin ninguna noción de sismorresistencia, razón por la cual desapareció después de un sismo en 1583. En su actual versión, que empezó a construirse con planta de cruz latina en 1586, los frailes franciscanos prefirieron utilizar la piedra, la cual fue ejecutada por mano de obra indígena con mampuestos semi-canteados y abundante argamasa, dando lugar a una mampostería rústica propia de la tradición indígena, siendo la «...obra es hispánica en su concepción y mestiza en su ejecución...» (Consejo de Monumentos Nacionales). A esta fase inicial de la iglesia, fueron



Figura 5
Mampostería de piedra irregular Iglesia de San Francisco apreciable en sus muros interiores (Jorquera, Lobos y Cortez 2015)

añadidas dos naves laterales de albañilería de ladrillo en el siglo XVIII y una torre de madera en el siglo XIX, siendo posible apreciar todas las fases constructivas hasta la actualidad (figura 4).

Analizando los muros de mampostería de piedra (figura 5), los únicos del siglo XVI en todo Santiago, se puede reconocer en ellos características que sin duda han aportado a la resistencia frente a los esfuerzos laterales provocados por los sismos, destacando los espesores considerables entre los 1,7 m y los 1,9 m así como una esbeltez baja de 1:6. Junto con esto, es relevante la presencia de bloques de piedra de diversos tamaños que colaboran en el «engranaje» de los elementos en el muro, aumentando las zonas de material resistente y disminuyendo las áreas de mortero. También, en el inmueble completo se puede reconocer una proporción muy baja de vanos respecto al lleno de los paramentos, los cuales a su vez se distribuyen homogéneamente dentro la superficie soportante.

Si bien dichos muros de piedra «sobrevivientes» no pueden considerarse representativos de una época, ya que por lo que se sabe sólo fueron empleados en esta iglesia y no en otro tipo de arquitectura residencial y/o civil, no deja de resultar interesante el análisis en profundidad de lo que son los vestigios construidos más antiguos de la capital, así como también el hecho de que los Franciscanos optaran por utilizar la piedra como una tecnología alternativa al adobe suponiendo que poseía un mejor comportamiento sismorresistente.

Características constructivas y estructurales de las tipologías arquitectónicas del siglo XVII

> Los terremotos de 1575 y 1647 determinaron un cambio en la arquitectura; surgió una nueva modalidad de construcción que se conoce como estilo chileno tradicional. Las viviendas se caracterizaron por las formas macizas, paredes muy anchas y techos bajos... (Villalobos et al. 1990, 39)

Como se ha mencionado, este siglo estuvo marcado por el terremoto Magno de 1647, el cual establece un antes y un después en la historia de la construcción de Santiago y a raíz del cual, aparecen las formas macizas y el predominio de las construcciones de un piso. Aunque no queden rastros de ello en la capital, es en este siglo que se gesta la llamada «casa colonial chilena», edificación de un piso, con volúmenes de una única crujía y pocos vanos —de manera de no debilitar los muros— dispuestos perimetralmente entorno a uno o varios patios interiores. La albañilería de adobe sigue siendo el sistema constructivo predominante en los muros, en cambio las techumbres de paja son reemplazadas por pesadas cubiertas de tejas de arcilla, para protegerse de los incendios y aportar peso a una estructura que trabaja a compresión. Por otra parte, como menciona Valenzuela (1991), se añade la distribución simétrica de los recintos para lograr un mejor comportamiento sismorresistente, ya que de ese modo en las construcciones «...su centro de gravedad caiga perfectamente sobre su eje de simetría» (Valenzuela 1991).

De acuerdo a Benavides (1988), con posterioridad al terremoto de 1647 se introducen las «llaves» de madera para amarrar horizontalmente las estructuras de adobe y mejorar su desempeño dinámico (figura 6); de ellas habla también Valenzuela (1991) quien establece que cada 3 o 4 hiladas se colocaban maderos o simplemente ramas de espino para producir un amarre horizontal al que se concedía especial importancia en las esquinas y en los encuentros de los muros atravesados. Al parecer, otro aporte de la segunda mitad de siglo es la estandarización de las dimensiones del bloque de adobe, el cual pasa a ser de 30 × 60 × 10 cm según Greve (1938, vol.3), dimensiones que es posible verificar en las construcciones de adobe a lo largo de todo Chile.

De este siglo son sólo dos las obras que permanecen en pie en el centro histórico de Santiago: el con-

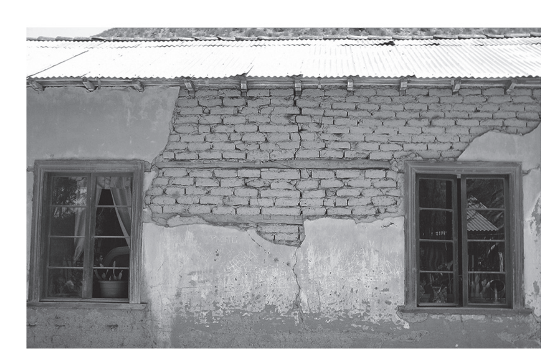


Figura 6
Vivienda colonial de adobe en la ciudad de Petorca donde se aprecian las llaves horizontales de madera (Jorquera 2007)

vento de San Francisco (1628 fecha de término) y la Iglesia de San Agustín (construida entre 1665 y 1707). El convento de San Francisco, construcción de dos pisos enteramente fabricada en adobe, posee una organización similar a las viviendas coloniales, o sea, perimetral entorno a un patio, sólo que con dimensiones mucho mayores propias de un convento. Del análisis de sus características constructivo-estructurales en busca de algunos principios que expliquen su sismorresistencia, se puede mencionar la simetría del conjunto, el empleo de macizos muros de 1,1 m y 1,2 m de espesor con una esbeltez baja cercana al 1:4, una proporción de vanos de 8% considerada baja respecto a la masa del muro y un aparejo homogéneo, con bloques dispuestos alternadamente en soga y en tizón para lograr una mejor trabazón (figura 7). Corresponde mencionar además, que los muros de adobe se encuentran correctamente protegidos del agua por medio de amplios corredores techados, lo que sin lugar a dudas ha contribuido a la correcta preservación del material y a que su resistencia no haya disminuido.

La Iglesia de San Agustín es un inmueble de planta basilical con tres naves separadas por gruesas columnas que sostienen arcos de medio punto. Levantada en albañilería de ladrillo cerámico a partir de 1665 por el albañil Juan Lepe, esta versión utilizó la misma planta de la iglesia original de piedra destruida por el terremoto de 1647 y «...aunque disminuida en tamaño y en altura esta vez se levantaría más sólida y se le agregaría un claustro...» (Consejo de Mo-



Figura 7
Convento de San Francisco: *única* zona donde es visible el aparejo de adobe debido a la pérdida de revoque. (Jorquera 2015)

numentos Nacionales). El aporte de esta iglesia en materia constructiva lo constituye el empleo del ladrillo cerámico (lamentablemente no visible), hasta ese entonces no registrado —al menos en los documentos oficiales de construcción—, resultando curioso que se haya optado por éste en reemplazo de la piedra original; a modo de hipótesis podría pensarse que la antigua fábrica de piedra quizás era del tipo rústica, como la empleada en San Francisco, mientras que los ladrillos al ser de medidas estándar —según Greve (1938, vol.3) de 40 × 20 × 7 cm—, podían permitir un aparejo más homogéneo y por lo tanto un mejor comportamiento estructural dinámico. La iglesia posee una planta simétrica respecto a su eje longitudinal, está constituida por muros con espesores variables entre 0,9 m a 1,2 m, alturas de 11,5 m y esbelteces variables entorno al 1:7, con un porcentaje de vanos de sólo un 5,5%, lo que implica un importante predominio de la masa por sobre el vacío.

Características constructivas y estructurales de las tipologías arquitectónicas del siglo XVIII

Este siglo está marcado tanto por los terremotos de 1730 de Santiago y 1751 de Concepción[3] así como por el arribo del arquitecto italiano Joaquín Toesca a Chile en 1780, hechos que se traducen en una serie de cambios arquitectónicos y constructivos que revolucionan la arquitectura de la segunda mitad de siglo.

Los procesos de reconstrucción del terremoto de 1730 y de los daños provocados por el de 1751, impulsaron una experimentación constructiva mayor que en los siglos precedentes, seguramente gracias a la mayor estabilidad económica que vivía el país en esos momentos o porque «Hasta la misma persistencia de los terremotos... aportaría a estas alturas no tanto el automático cortejo de destrucciones, sino una búsqueda de soluciones constructivas muy experimentadas y originales, imprimiendo con un sello de robustez una arquitectura decantada a lo largo de dos siglos de sacudidas de la más variada índole» (Guarda 1982, 2).

Todo lo anterior se traduce en una mayor variedad arquitectónica y constructiva. En el ámbito de la vivienda por ejemplo, si bien se sigue utilizando el adobe como sistema constructivo, aparecen algunas moradas de 2 pisos, propiedad de importantes personajes de la vida pública de la capital, en cambio, en las iglesias se masifica el uso del ladrillo cerámico y el uso de la mampostería de piedra perfectamente labrada formando sillerías. En materia de edificios públicos, empieza a emplearse de manera sistemática la albañilería de ladrillo cerámico, bajo la influencia del arquitecto Joaquín Toesca.

Toesca es contratado por la corona española para terminar las obras de la catedral de Santiago hasta ese entonces incompleta. Él es quien introduce la arquitectura Neoclásica, la cual al ser de formas simétricas y proporcionadas, fue aceptada muy fácilmente puesto que Chile poseía ya una tradición de arquitectura simple y de formas regulares, demostrando por lo mismo, un muy buen comportamiento sismorresistente.

De este siglo sobreviven un número mucho más importante de inmuebles en el centro histórico de Santiago, lo que permite hacer un análisis comparativo por tipología para obtener datos sobre las características tipológicas y las técnicas empleadas en la época.

Así, de entre las iglesias, en las cuales destacan la Catedral de Santiago, la Iglesia de la Merced, la Iglesia de Santo Domingo, se puede apreciar que si bien están edificadas con distintos sistemas constructivos —mampostería de piedra y ladrillo, ladrillo y sillería de piedra respectivamente— presentan varias características en común. En los tres casos, los volúmenes son robustos, con proporciones cercanas al 1:2 considerando la altura respecto al ancho y del ancho respecto al largo (a excepción de la Catedral que de ser de 1:2 originalmente, después de la intervención de Toesca queda en 1:3); las tres poseen muros perimetrales gruesos (1,3 m a 1,6 m de espesor) en los cuales predomina el lleno por sobre el vacío, con porcentajes de vanos que fluctúan entre 6,2% y 8,1%. Destaca el uso de contrafuertes que disminuyen las longitudes libres y generan además zonas de esbelteces muy pequeñas en relación al resto del muro; en el caso de Santo Domingo además existe una especie de talud en la parte inferior de los muros que ayuda a bajar el centro de gravedad de la construcción (figura 8).



Figura 8
Detalle de contrafuerte y talud en sillería de piedra en la Iglesia de Santo Domingo (Jorquera 2015)

Todo lo anterior evidencia que en este período ya existían nociones concretas respecto a la sismorresistencia.

De las viviendas coloniales de dos pisos existen actualmente sólo tres: la de «Manso de Velasco», la del «Corregidor Zañartu» y la «Casa Colorada», las dos primeras construidas enteramente con albañilería de adobe, mientras que la tercera en adobe y piedra en su fachada. Respecto a la distribución de los volúmenes, la casa del Corregidor Zañartu posee una planta rectangular de pequeñas proporciones, mientras que la Casa Colorada y la de Manso Velasco se constituyen por cuatro volúmenes de una crujía organizados perimetralmente en torno a un patio central. En los tres casos aparece la constante de que la altura del segundo nivel es menor que la del primero, lo que contribuye a disminuir el peso de la estructura y bajar su centro de gravedad. Junto con esto, se reconoce un predominio de la masa por sobre el vacío en los paramentos, con porcentajes de vanos que van desde 11,4 a 20,9%. En relación al espesor de los muros, estos van desde 0,65 m a 1,0 m mientras que las alturas varían de 6,0 m a 7,7 m, donde a menor altura, menor espesor de muro. Es interesante mencionar que en todos los casos los basamentos son de piedra —para proteger el muro de adobe de la humedad—, los diafragmas de entrepiso y los tijerales de techumbre de madera y las cubiertas son de teja, ayudando con su peso al amarre de los paramentos. Existen además muros transversales a la estructura principal que colaboran en disminuir las longitudes libres de los paramentos.

Por último, de entre los edificios civiles remanentes destacan: el edificio de «La Moneda» (obra más importante de Toesca, transformada en el siglo XX en la actual sede del gobierno), el Edificio del Cabildo de Santiago, el edificio de la Real Audiencia, el Palacio de los Gobernadores y el ex Palacio de la Real Aduana. Éstos tienen en común el tratarse enteramente de estructuras de albañilería de ladrillo cerámico, de dos pisos, con volúmenes de una y dos crujías distribuidos perimetralmente entorno a patios interiores. La proporción de los volúmenes en planta fluctúa entre los 1:1 y 1:2, mientras que en alzado, la totalidad de los edificios tiende marcadamente a la horizontal, con proporciones que van del 1:2 al 1:4 del alto respecto al ancho de los volúmenes (figura 9). Estas características iniciales se han ido tergiversando con el pasar del tiempo pues numerosas intervenciones en las fachadas de estos edificios han escondido sus características estructurales.



Figura 9
Los edificios del Cabildo de Santiago, la Real Audiencia y el Palacio de los Gobernadores en su aspecto original a mediados del siglo XIX. (Eugène Maunoury 1860)

Características constructivas y estructurales de las tipologías arquitectónicas del siglo XIX

Este siglo está marcado por la obtención de la Independencia del país de la corona española y por la constitución del Estado chileno, hecho que revolucionó todas las esferas del quehacer y por supuesto las características de la arquitectura y de la construcción. El nuevo Estado se encargó de olvidar y abolir todas las expresiones del arte hispánico, lo que se tradujo en el abandono de los patrones arquitectónicos coloniales, adoptando un nuevo modelo, el francés, por considerar al país cuna de la Revolución Francesa como un ejemplo a imitar. Esto se consolida con la contratación del arquitecto francés Francois Brunet de Baines como arquitecto «de Estado» en 1848, a quien se encarga realizar los nuevos edificios de gobierno así como instaurar la primera cátedra de Arquitectura en la naciente Universidad de Chile.

El «afrancesamiento» de la arquitectura pública se conjuga con el arribo de numerosos extranjeros provenientes de diversas partes de Europa, quienes intentan replicar en sus moradas chilenas los estilos más representativos de sus países de origen, dando lugar así a una arquitectura historicista, de carácter ecléctico y de mayor altura, pues así lo requerían los estilos y las innovaciones constructivas lo permitían. Palacetes estilo gótico, renacentista, con elementos barrocos, neoclásicos, etc., mezclados con absoluta libertad se encuentran aún en Santiago representando la mixtura cultural de esta época.

Esta gran libertad formal hace imposible, en términos arquitectónicos, establecer una clasificación tipológica, mientras que en términos constructivos sí existen constantes —verificadas en los edificios analizados sobrevivientes de este siglo— que permiten sintetizar las características de las técnicas constructivas del siglo XIX:

– El adobe queda relegado sólo a la vivienda y exclusivamente a los muros perimetrales de los primeros pisos, pues los segundos y terceros empiezan a construirse en entramados de madera que se rellenan tanto con bloques de adobe como con ladrillos cerámicos, todo recubierto con revoques pero fácilmente apreciable en los edificios deteriorados (figura 10). El uso de la madera posibilitó más altura, disminución del espesor de muros, apertura de vanos mayores y confirió elasticidad a los edificios permitiendo un mejor comportamiento sismorresistente.
– La albañilería de ladrillo cerámico estandarizada se transforma en la técnica predilecta para las grandes obras, tanto públicas como privadas. Así, importantes edificios públicos como el nuevo Congreso Parlamentario de la ciudad obra de Brunet de Baines y el Teatro Municipal, así como las únicas dos iglesias construidas en este siglo, la de Santa Ana y la de las Agustinas, están construidas con esta técnica, sin utilizar refuerzos de otros materiales, sino que simplemente respetando las reglas de proporción morfológicas y de distribución de pesos que aseguran un buen comportamiento sismorresistente.
– El empleo de la piedra desaparece, seguramente por la lentitud y esfuerzo que requiere el trabajo del material, lo que empieza a ser un problema en un siglo donde la velocidad de la construcción es ya una preocupación.
– A partir de 1860 empieza a llegar el hierro a la capital, proveniente desde Francia. Este material es en un inicio empleado sólo para obras civiles, principalmente puentes, pero paulatinamente empieza también a ser utilizado en edificios que albergaban nuevos programas como las estaciones de trenes y los mercados cubiertos. En Santiago la «Estación Central», la «Estación Mapocho» y el «Mercado Central» son tres edificios representativos del uso del hierro como estructura resistente, a pesar de que ella sigue escondiéndose detrás de gruesos muros de albañilería de ladrillo.



Figura 10
Entramado de madera relleno con bloques de adobe dispuestos en tizón y en pandereta. (Jorquera 2008)

Tanto el hierro como el hormigón, que llega al país a fines de siglo, permiten la construcción de refuerzos en las albañilerías y terminan por reemplazarlas completamente en las primeras décadas del siglo XX. Esto significó que el desafío de construir diseños sismorresistentes —en edificios cuyo comportamiento estructural era vulnerable frente a los esfuerzos dinámicos— se acaba, terminando con ello trescientos años de experimentación constructiva.

Conclusiones

Como se vio, la arquitectura y las técnicas de construcción de entre los siglos XVI y XIX nacen de un

modelo tipológico español, el cual al deber adaptarse a la fuerte condición sísmica del país, ha dado origen a una arquitectura «robusta», característica que corresponde al resultado de diversas estrategias de sismorresistencia. De acuerdo al análisis efectuado, se ha podido demostrar que es posible identificar y cuantificar dicha «robustez» en los edificios históricos aún existentes en Santiago, en los cuales se presentan ciertas constantes como el predominio de los paramentos masivos, con reducidos porcentajes de vanos y esbelteces bajas. Además de ello, existen otras características específicas de sismorresistencia presentes en algunas tipologías, como la disminución de masa en la medida que se asciende en altura en las viviendas coloniales de dos pisos y la presencia de contrafuertes en las iglesias del siglo XVIII.

Respecto a las técnicas empleadas, como se vio además, existe una correlación entre las diversas tipologías y el material utilizado. Así, en las viviendas, al ser estructuras más pequeñas y simples, se emplea la tierra para formar adobes, mientras que en las iglesias, al ser las edificaciones de mayor envergadura y complejidad estructural, se utiliza la piedra y/o ladrillo cerámico, materiales de mayor resistencia. Resulta también interesante que en la evolución histórica, se pasó de un total predominio de la albañilería de adobe por más de cien aeos, al emeplo maominio de la albañilerrresistentecaso de las iglesias. laos, las esbelteces bajasños, al empleo de la piedra, el ladrillo cerámico a partir del siglo XVIII y finalmente la adopción de entramados de madera que sirvieron para confinar las albañilerías a mediados del siglo XIX, dando cuenta de la gran experimentación con diversos sistemas constructivos y materiales en un proceso constante de prueba y error. Lamentablemente, toda esta evolución y riqueza constructiva no es apreciable a simple vista, pues la mayoría de las técnicas se encuentran ocultas por capas de revoques y pinturas —visibles sólo cuando existe deterioro— lo que ha llevado muchas veces a la errónea comprensión de las características del patrimonio edificado de Santiago.

Por último, es importante mencionar el valor patrimonial de los edificios históricos «sobrevivientes» a la sismicidad de Santiago, tanto en su dimensión histórica como en su contribución al desarrollo de la técnica en el país. Por lo mismo, es fundamental que dichas características constructivo-estructurales y las estrategias de sismorresistencia se conozcan y preserven, como parte fundamental de la autenticidad de los edificios y como base de su conservación en el futuro.

Notas

1. Se entiende por «magnitud» a la cantidad de energía liberada por un terremoto en su hipocentro. Cabe precisar que existen diversas escalas para medir la magnitud, dependiendo la zona geográfica y las características locales de los terremotos, siendo un error mencionar siempre a la «Escala de Richter» —a pesar de ser ella la primera y más famosa— creada específicamente para medir los terremotos de la falla de California; en Chile por ejemplo, la escala utilizada actualmente es la de «Magnitud de Momento». En ámbito científico por lo tanto, se ha llegado al acuerdo de que simplemente el concepto de magnitud es suficiente para comprender que se está cuantificando la energía liberada por un terremoto, sin ser necesario especificar la escala logarítmica utilizada para calcularla; si se prefiere se puede utilizar el símbolo «M~».
2. FONDECYT Iniciación proyecto número 11130628. Investigadora responsable: Dra. Natalia Jorquera; equipo: arqta. María de la Luz Lobos (ayudante de investigación), David Cortez (ayudante de investigación), Carla Farfán (tesista), todos del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile. Colaboradores internacionales: prof. Ugo Tonietti y Luisa Rovero, Universidad de Florencia, Italia.
3. El terremoto de Concepción de 1751, a pesar de haber tenido su epicentro a más de 400Km de distancia de Santiago, debido a su gran magnitud de M ~ 8.5 y área de rotura, provocó igualmente daños en los edificios de la capital.

Lista de referencias

Benavides, Alfredo. 1988. *La arquitectura en el Virreinato del Perú y en la Capitanía General de Chile*. Santiago: Editorial Universitaria.

Benavides, Juan. 1995. *Arquitectura e ingeniería en la época de Carlos III*. Santiago: Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Centro Sismológico Nacional de Chile. «Sismos Importantes y/o Destructivos (1570 a la fecha) » Consultada el 8 de Julio de 2015. www.sismologia.cl

Cisternas, Marco. 2012. El terremoto de 1647 de Chile central como un evento intraplaca: ¿otra amenaza para Chile metropolitano? *Revista de Geografía Norte Grande,* 53: 23-33.

Consejo de Monumentos Nacionales. «Lista tentativa» Consultada el 10 de Julio de 2015. www.monumentos.cl

Greve, Ernesto. 1938. *Historia de la ingeniería en Chile,* vol.3. Santiago: Imprenta Universitaria.

Guarda, Gabriel. 1982. *El triunfo del Neoclasicismo en el Reino de Chile*. Santiago: Documento docente, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Maunoury, Eugène. 1860. *Fotografía de La poste et la prison*. Bibliothèque Nationale de France. Disponible en http://www.archivovisual.cl/imagenes/fotografias/FOT-1860-MAU-BNF-11.jpg

Oidores de Santiago. 1648. Carta de la Real Audiencia de Chile sobre el terremoto del 13 de mayo de 1647. En Gay, Claudio. 1852. *Documentos sobre la historia, la estadística y la geografía de Chile,* 456-67. Chile: Museo de Historia Natural de Santiago.

Valenzuela, Carlos. 1991. *La Construcción en Chile: Cuatro Siglos de Historia*. Santiago: Cámara Chilena de la Construcción.

Villalobos, Sergio; Méndez, Luz María; Canut de Bon, Claudio; Pinto, Sonia; Serrano, Sol; Parentini, Luis Carlos; Ortega, Luis; Cavieres, Eduardo; Sagredo, Rafael y Plass, Jacqueline. 1990. *Historia de la Ingeniería en Chile*. Santiago: Editorial Hachette.

La técnica constructiva de los revestimientos exteriores de yeso en la tratadística y manuales desde 1639 a 1939

Vincenzina La Spina

Los revestimientos continuos de yeso que protegen y decoran las fachadas de edificios construidos principalmente durante los siglos XVIII y XIX, son una realidad que aún se conserva en ciudades y pueblos de las zonas yesíferas de España como Madrid, Cuenca, Albarracín o Valencia. Así lo corroboran, entre otros, los estudios experimentales de Luis Villanueva, David Sanz o Celia Barahona, poniendo además en evidencia que se trata de revestimientos compuestos por yesos tradicionales multifásicos muy diferentes de los nuevos yesos industriales. Sin embargo, en la actualidad la formación universitaria y el sentido común tienden instintivamente a considerar que deberían ser de cal debido en parte a los prejuicios que hay sobre el yeso. Además, hoy en día los profesionales de la construcción ya no están familiarizados con las técnicas constructivas tradicionales usadas para revestir. Antiguamente, la mano de obra era muy especializada y la ejecución muy elaborada, pero más eficaz, sin que el tiempo fuera un condicionante de ahorro. En general, los revestimientos se hacían aplicando numerosas capas finas y bien repretadas para conseguir los mejores resultados, utilizando enseres específicos para lograrlo, pero con la introducción de nuevos materiales e instrumentos se produjo la pérdida de la artesanía, la reducción del número de capas y en definitiva una menor calidad de los revestimientos. Lamentablemente, ello ha favorecido el olvido más absoluto de la técnica que sumado al secretismo que ha caracterizado al gremio de albañiles ha supuesto que conocer algún dato de cómo se pudieron ejecutar, y más concretamente los revestimientos de yeso en el exterior, se convierta en un verdadero reto.

La investigación realizada sobre los revestimientos continuos históricos de las fachadas de Valencia (La Spina, 2013a, 2013b y 2015) ha permitido sacar a la luz su verdadera materialidad, al tratarse en su mayoría de revestimientos de yeso. Por una parte gracias a la extracción de muestras históricas que han sido sometidas a diversos estudios analíticos, tanto químicos, morfológicos como mineralógico-petrográficos, entre otros, para obtener información sobre su composición, y dando resultados muy valiosos pero sujetos a ciertas limitaciones. Y por otra parte, gracias a los proyectos o permisos de obras históricos analizados, custodiados en diversos archivos históricos de la ciudad, que han aportado algún dato relevante al respecto. Asimismo, paralelamente se ha considerado necesario también acudir a la tratadística histórica con el objeto de extraer información relevante que permita aportar algo de luz sobre su ejecución. Concretamente, se han consultado los principales tratados sobre la arquitectura, la albañilería o la construcción y de especial modo aquellos escritos o traducidos al español y sobre todo firmados por autores valencianos, para poder descubrir las posibles técnicas tradicionales llevadas a cabo en la ciudad de Valencia.

La tratadística histórica es una fuente de conocimiento de incalculable valor, en ella se define y explica la ejecución de un revestimiento, además de

conceptos como guarnecido, enfoscado, jaharro, revoco, enlucido, blanqueo, etc. desde multitud de perspectivas y sobre todo con una visión histórica que mejor permite comprender la tradición constructiva de un revestimiento continuo. Por ello, esta comunicación intenta recoger básicamente la información más destacada sobre su ejecución, en general, y en particular de aquellos compuestos de yeso y aplicados al exterior, obtenida al consultar y al analizar un total de 35 publicaciones históricas entre tratados y manuales, escritos desde 1639 hasta 1939. Y aunque, son pocos los tratadistas que distinguen claramente si las operaciones que describen están referidas a un revestimiento interior o exterior y muchos menos los que contemplan la posibilidad de utilizar yeso en una fachada, hay gratas excepciones.

La ejecución de un revestimiento continuo tradicional

En general, hoy día es posible definir un revestimiento continuo tradicional como todo acabado superficial, de tipo continuo, aplicado in situ directamente sobre la cara externa de un material para mejorar alguna de sus propiedades, bien ornamental, estética o protectora, pudiendo aplicarse tanto en el interior como en el exterior de un edificio. El acabado puede constar de una o varias capas sucesivas que se realizan mediante el tendido o el proyectado de masas frescas que endurecen o fraguan tras su colocación. Dichas masas están compuestas por morteros preparados a partir de conglomerantes de diversa naturaleza: barro, cal, yeso, cemento, etc., de áridos, de agua y de otros aditivos o adiciones. En la tratadística, dependiendo de su composición, de su localización, del momento histórico o incluso de cada autor se han empleado diferentes términos para designar un revestimiento o una parte del mismo. Así pues, se ha utilizado el término guarnecido como sinónimo de revestimiento; el de enlucido durante los siglos XVII y XVIII también como equivalente al de revestimiento; igualmente el de jaharro por algunos tratadistas como Fray Lorenzo de San Nicolás, mientras que para otros como Juan de Villanueva era tan solo la primera operación a realizar de un revestimiento; o el de blanqueo al referirse a la acción de aplicar tanto masas como pinturas de diferentes materiales para dar un acabado superficial.

Los profesionales que conocían a la perfección la técnica constructiva para su ejecución han sido los arquitectos, los maestros de obras, los albañiles, los oficiales y los peones. No obstante, eran los últimos los encargados de preparar las mezclas que los albañiles y los oficiales aplicaban y las prestaciones del resultado final dependían en gran medida de la bondad de las operaciones realizadas durante todo el proceso. En primer lugar, era necesario examinar el estado de la superficie y prestar especial atención a la limpieza de las fábricas, su estanqueidad, su adherencia y su planeidad. En segundo lugar, se debían eliminar las manchas o el polvo, para finalmente regar con abundante agua y así evitar que el soporte quitara humedad a la mezcla. Además, era conveniente aplicar una primera capa de mortero para regularizar, preparar el paramento y conseguir una superficie áspera y escabrosa que permitiera el agarre de las sucesivas capas. E igualmente, para lograr la máxima rectitud del revestimiento y la planeidad de la fachada o evitar la ejecución de capas excesivamente gruesas se debían preparar unas maestras. Para ello, se colocaban los tientos necesarios con la ayuda de dos reglas bien aplomadas en los extremos de la pared y a una distancia de la misma igual a la del espesor que iba a tener la capa. Las reglas se unían por la parte inferior con una cuerda y se tiraban los tientos, es decir pelladas de mezcla a una distancia de 50 o 60 cm alineándolas y enrasándolas con la cuerda. Esta operación se repetía a diferente altura para tener tientos a lo largo y alto de toda la pared a revestir procurando que los nuevos tientos quedaran alineados con los anteriores. Una vez preparados todos los tientos necesarios se construían las maestras rellenando los huecos que quedaban entre la pared y los reglones al unir verticalmente los tientos preparados. Así se obtenían los cajones, los espacios delimitados por las maestras, que debían rellenarse con pelladas de mezcla tiradas con fuerza y con paleta contra la pared. El mortero se extendía y se alisaba con la ayuda del fratás y del reglón que se desplazaba sobre las maestras hacia todos los lados eliminando y extendiendo los sobrantes para conseguir que todo estuviera completamente lleno y perfectamente plano. Una vez fraguado el mortero se picaban las maestras y se rellenaban con mortero del revestimiento para evitar las fisuras provocadas por la diferencia de secado. El acabado superficial de la capa maestreada debía ser tosco, rugoso y con el poro abierto, para garantizar el

agarre de más capas y para ello se utilizaba el fratás y la talocha describiendo círculos. En cambio, si ésta era la última capa, en las últimas tongadas se debía utilizar un material más fino y bruñir la superficie con llana. Esta capa maestreada se podía suprimir únicamente si la fábrica estaba perfectamente aplomada y con superficies regulares y verticales. La preparación del soporte en este caso se hacía aplicando directamente el mortero fluido sobre la fábrica y pasando la regla sobre la superficie. Esta posibilidad, reportaba ventajas económicas, aunque requería de obreros más experimentados. Una vez preparada la capa maestreada se aplicaban las capas sucesivas procurando que la anterior tuviera una superficie lo más plana posible, pero rugosa y con el poro abierto, lo que se conseguía utilizando un fratás o talocha de madera. Las nuevas capas se extendían cuando aún presentaba un grado de humedad óptimo la última capa ejecutada, porque una carbonatación o endurecimiento excesivo dificultaba la adherencia y si se tenían que interrumpir los trabajos, al reanudarlos era conveniente rascar la superficie. Finalmente, la última capa que quedaba a la vista se repasaba con la llana metálica para cerrar los poros y hacer aflorar tanto el agua como el conglomerante a la superficie. Así se obtenía un revestimiento tendido en el que la mezcla se extendía con talocha, fratás, paleta o llana, lo que exigía una ejecución minuciosa y laboriosa. En definitiva, el objetivo era aplicar diferentes capas sucesivas para lograr corregir imperfecciones, regularizar la superficie y así obtener mayor resistencia, espesor y cuerpo del revestimiento. No obstante, también cabían otras posibilidades como hacer un revestimiento proyectado o incluso en el caso del estuco un revestimiento preparado en tablero y después colocado verticalmente.

Una revisión general de la ejecución de un revestimiento continuo de yeso y el caso especial de su aplicación en fachadas según la tratadística histórica

Antiguamente, se amasaba el mortero de yeso con poca agua y se trabajaba repretándolo mucho para dar lugar a revestimientos resistentes y duraderos para aplicarlos en las fachadas, a pesar de que fuera un material muy poco utilizado por los antiguos para hacer cualquier revestimiento como se extrae de una nota de la traducción de Ortíz y Sanz del tratado de Vitruvio (1787, 172):

> …Parece que los antiguos hicieron muy poco uso del yeso en los enlucidos, a lo menos en tiempo de Vitruvio. Acaso después se introdujo, por ser más barato que el estuco, como leemos en Plinio 36, 24. En Roma no se gasta otro yeso que el que nosotros llamamos espejuelo, y ellos scagliuola, o escallola. Es bastante sufrido y tardo en hacer presa; pero sumamente blanco. Empléase solo en blanqueos, en las juntas verticales y oblicuas de la cantería, y en algunas otras cosas de poco momento…

Y de la creencia generalizada de su uso exclusivo para revestir interiores como comenta el tratadista inglés Millington (1848, 48-19):

> …se ha encontrado ser inaplicable el yeso al objeto de la mezcla hidráulica, primero, porque al secarse se hincha y aumenta sus dimensiones de tal modo que trastorna las piedras o ladrillos que se colocan sobre él si se emplea en gran cantidad; y segundo, porque se destruye o descompone por la acción continua del aire y agua, en lo que es enteramente opuesto a la cal sacada de buenas piedras calizas… El yeso es sin embargo muy útil para objetos y adornos interiores de los edificios que no están expuestos á la intemperie…

No obstante, los morteros o pastas de yeso han sido muy utilizados como revestimientos continuos al exterior, incluso cuando no era recomendable por tratarse de zonas húmedas, tanto en España como en otros países europeos como es el caso de Francia o de Alemania (Sanz 2009, 22-23). En España la mayoría de los morteros de yeso se hallan en las construcciones de los siglos XVIII, XIX y de la primera mitad del XX y principalmente revistiendo una buena parte de los caseríos conservados de este periodo en zonas yesíferas, como Cuenca, Albarracín o Ademuz, en las que la tradición constructiva de los revocos exteriores de yeso se ha mantenido (Sanz y Villanueva 2009, 1329-1334).

Asimismo, en relación a la imposibilidad de que un revestimiento de yeso tenga propiedades hidráulicas Sanz Arauz (2009, 94) comenta que al calcinarse el yeso junto con impurezas comunes en su yacimiento, como las arcillas, y al tratarse a altas temperaturas se pueden generar productos hidráulicos influyendo así en el comportamiento de la pasta, del yeso fraguado y también en las condiciones de hidratación del yeso, y por lo tanto en el conjun-

to del revestimiento. Además, existen diferencias significativas entre un yeso tradicional y un yeso industrial que influyen en su comportamiento a la intemperie. El yeso industrializado es cada vez más puro y homogéneo debido a la selección previa de la materia prima y a su cocción uniforme, caracterizándose por ser yesos monofásicos o bifásicos y por poseer mayor porosidad, menor resistencia mecánica, peor adherencia y menor elasticidad con respecto a un yeso artesanal compuesto por diversas fases. Así pues, un revestimiento histórico externo bien ejecutado con un yeso tradicional, es decir, con superficies lisas y repretadas, soporta bien el impacto de la lluvia, porque absorbe la humedad, lo que favorece la hidratación parcial de las fases anhidras que contiene, cerrando así la porosidad y aumentando las resistencia mecánica del revestimiento (Sanz 2009, 3). Además, es posible emplear el yeso de varias maneras para hacer revestimientos continuos, ya que pueden estar compuestos únicamente por yeso, agua y algún aditivo o también por un mortero de yeso si se añade la cantidad adecuada de árido para rebajar la fuerza de la mezcla.

En general, la principal ventaja que presentan los revestimientos de yeso es el ahorro económico ya que de por sí este material es más barato allí donde abunda y la mezcla lo es más aún si se le añade algún tipo de árido. Otra ventaja es también el ahorro de tiempo porque su endurecimiento es rapidísimo en comparación con los otros materiales de la tradición constructiva. En consecuencia, ello implica por una parte, una mayor cantidad de mano de obra para su ejecución, pero a su vez muy económica históricamente, y por la otra parte una reducción temporal de los trabajos considerable. Además, los revestimientos de yeso poseen óptimas propiedades frente al fuego, lo que propició que en el siglo XVII en Francia se promulgara un decreto por el que se prescribía el empleo del yeso como material antiincendios (Diez 2005, 17). Una decisión motivada en parte por el gran incendio que sufrió la ciudad de Londres en 1666 y que fue posible gracias a la abundancia de canteras de yeso existentes en la región de París. O que en España según una Real Orden de 1777, promovida por el reformismo de Floridablanca, se prohibieran los retablos de madera en las iglesias y se tuvieran que estucar para evitar los numerosos incendios que se producían (Caparrós et al. 2001, 96).

Sin embargo, no hay que olvidar tampoco los grandes inconvenientes que presenta un revestimiento de yeso en contacto con el agua, o la humedad, así como la falta de adherencia con determinados materiales como la tierra y la madera; su reducida resistencia o el considerable aumento de volumen que sufren tras su endurecimiento. No obstante, éstos no han sido un impedimento a la hora de hacer revestimientos de yeso exteriores gracias en parte a la adición de sustancias que han mejorado sus prestaciones a la intemperie.

Preparación de las mezclas

Por norma general, el yeso se ha usado sin mezcla de otra cosa, es decir solo con agua, y especialmente con poca agua para dar lugar a revestimientos resistentes y duraderos que pudieran aplicarse al exterior y es en parte por ello que la tratadística desaconseja las lechadas de yeso porque se eliminan con facilidad. Así pues, la mezcla, según Juan de Villanueva (1827, 16), debía prepararse de la siguiente manera:

> …Para amasarle se pone un cajón de madera llamado cuezo cerca del Albañil que le ha de gastar, porque la prontitud con que fragua y se congela no da lugar a demora alguna. Hallándose el oficial dispuesto para gastarle, un peón práctico vierte en el cuezo el agua suficiente, que debe ser proporcionada a la cantidad de masa que el oficial pide. En esta agua echa el peón el polvo de yeso correspondiente, y lo revuelve todo junto, une y traba con las manos hasta dejarlo bien incorporado y pasado del agua con la blandura o consistencia que se necesite, según el uso que se ha de hacer. Puesta la masa en esta disposición, el peón sin pérdida de tiempo alarga con sus dos manos una pellada al oficial, que la recibe ya con la una, ya con las dos, y la gasta inmediatamente; tomando luego otra u otras pelladas hasta que se consume la masa que se hizo. El peón limpia entonces su cuezo con una tablilla en forma de medio círculo llamada raedera, y se prepara para hacer otra masa de la cantidad que se le pide. Los italianos y catalanes no le gastan con las manos inmediatamente, sino con la paleta, con la cual lo amasan y gastan; pero se deja conocer que aunque este modo sea más aseado, no es tan pronto para un material que se endurece tan fácilmente. Cuando sea bueno para obras cortas, no lo puede ser para trabajos de gran consumo, y sin duda es preferible nuestro método de Castilla, practicado con el aseo que lo ejecutan algunos buenos oficiales…

Es decir, las mezclas de yeso las preparaba un peón de mano, incluso directamente con las manos, como también recoge en su tratado Bails (1802, 77), y sin pérdida de tiempo las tenía que pasar al oficial, que igualmente las podía coger con la mano o utilizando un esparvel. El único inconveniente era que una vez terminada la amasada, inmediatamente después el peón tenía que limpiar el cuezo con una raedera para eliminar cualquier resto de yeso muerto y así poder volver a preparar más mezcla.

Sin embargo, Villanueva también contempla la posibilidad de añadir arena cernida si el yeso era demasiado fuerte, al igual que José Ortiz y Sanz (1787, 173) para así evitar que se levantaran *vexigas* como también defiende Bails, e incluso no supone ningún problema su presencia en la mezcla para otros tratadistas como Rebolledo (Barahona, 1992:55):

> …no hay gran inconveniente en que el yeso contenga algunas materias inertes que hacen el papel de arena en el mortero…

En definitiva, a pesar de que ciertas opiniones consideran que nunca han existido los morteros de yeso y que la adición de la arena es únicamente fruto de una deficiencia de fabricación, porque ésta reduce la fuerza y el fraguado de los morteros con respecto a la pasta de yeso, la tratadística histórica lo contradice. En estos casos, se preparaba previamente una pasta de yeso y después se adicionaba el árido para evitar la formación de grumos e igualmente al fraguar y endurecer rápidamente, tras tan solo 15 o 20 minutos, también solo era posible preparar las cantidades necesarias en cada momento para evitar que se convirtiera en yeso muerto. La presencia de árido en la mezcla favorecía la mayor estabilidad volumétrica, pero también ésta no debía ser excesiva puesto que en caso contrario las características resistentes del mortero disminuían y se hacía más fisurable. De igual modo, un exceso de agua producía morteros de poca resistencia, con grietas y un revestimiento final demasiado absorbente e higroscópico. Por ello, también era frecuente incrementar la resistencia de las mezclas de yeso añadiendo bien agua de cal o bien algún tipo de aditivo en disolución en el agua obteniendo los mismos resultados. Igualmente, la tratadística contempla la posibilidad de preparar mezclas de cal y yeso ya que Fray Lorenzo de San Nicolás comenta que los jaharros o enlucidos de cal y yeso se utilizaban comúnmente para las partes húmedas porque era muy seguro mezclar dos partes de yeso y una de cal en la última mano en estos casos. Asimismo, Villanueva manifiesta la posibilidad de utilizar conjuntamente la cal y yeso en los jaharros y en los blanqueos y los denomina escayola colorida porque con ella se podía imitar el mármol. Como norma general, para su elaboración se preparaba un mortero de cal y poco antes de utilizarlo se añadía una papilla de yeso para facilitar el manejo de la masa. Sin embargo, en el caso de que la proporción de yeso fuera superior, existían dos posibilidades; bien mezclar el yeso con agua y a ello añadir la cal en pasta o bien añadir a la cal en pasta el yeso, y el árido siempre al final. En cambio, en el caso de estucos de morteros mixtos, en primer lugar se mezclaba el pigmento con el polvo de mármol y el yeso, a continuación se agregaba la cal y por último el agua.

La puesta en obra

En general, al abortar el tema de la ejecución de un revestimiento la gran mayoría de tratadistas remiten a Vitruvio (Ortiz y Sanz 1787, 170-174) porque en el capítulo III del libro séptimo de su tratado explica cómo hacer un jaharro de mortero de cal habiendo previamente abordado en el capítulo II, del mismo libro, la preparación de la cal para hacer enlucidos. Ello consistía en dar en primer lugar una capa o tendido, traducida por José Ortiz y Sanz como trulisación, (trullissatione) para que la superficie quedara áspera y escabrosa. Tras la cual, una vez secada se debía extender el arenado (arenatum) sacando la rectitud horizontal de las paredes a regla y tendel, la vertical con la plomada, y la de los esconces con la escuadra. Además, esta operación se repetía una segunda y una tercera capa para que tuviera mayor cuerpo y fuera más sólido y permanente el revestimiento final. A continuación, se extendía una mano de mortero de cal y grano de mármol, es decir el estuco (marmoratum) que al secarse debía recibir otra capa compuesta por un grano más fino y tras ser bien manejada y pulida recibir otra tercera de estuco todavía más fina. En definitiva, el revestimiento debía estar compuesto por tres capas de arenado y tres de estuco para quedar libre de quiebras o cualquier otro defecto.

Sin embargo, también hay tratadistas que aportan datos novedosos o curiosos en relación a la ejecu-

ción de un revestimiento, bien interior o bien exterior, y en especial modo de yeso. Es el caso del español Fray Lorenzo de San Nicolás (1639, 185), que explica cómo con los jaharros se enlucían o adornaban los edificios por la parte habitada y también se fortificaba la fábrica. Si el material que se utilizaba era el yeso se jaharraba igual que con la cal pero no eran necesarias todas las costras que detalla Vitruvio, ya que se podían ir rellenando los cajones de una vez y con la misma regla se podían tapar los hoyuelos. Además, en el caso de tener que jaharrar con yeso tapias de tierra, después de picarlas, se tenía que preparar una lechada de tierra y yeso con la que regar la superficie y la siguiente mano se debía dar con una mezcla también de tierra y yeso, porque si era solo de yeso se avejigaba al no unirse bien el yeso, ni con la tierra ni con la madera. De igual modo, había que picar muy bien la madera y clavar clavos a trechos en los que enredar tomiza para mejorar la unión de los dos materiales teniendo la precaución de untar los clavos con ajo para que no mostraran su orín. Y cuando se jaharraba con yeso sobre una pared manchada había que coger un poco de almagre, y de vinagre fuerte para lavarla si era una pared ahumada; o restregar ajos y lavar la pared con vinagre fuerte si era una mancha de aceite. En cambio, en paredes de ladrillo o piedra era mejor jaharrar solamente con yeso y blanquear con yeso blanco que se tendía como el yeso negro delgado y a la vez que se iba tendiendo se iba lavando, quedando todo igual y pudiéndose después pintar con pinturas al fresco. Por último, Fray Lorenzo de San Nicolás desaconseja las lechadas de yeso porque se quitaban con facilidad y concluye este capítulo como sigue:

> Lo demás que pertenece a jaharros, como es revocos, y falseos, creo que nadie los ignora, y así no me detendré más, por llamarme aprisa las bóvedas, de que iremos tratando con el favor de Dios.

Benito Bails (1787, 243-258) es quizás el único tratadista español que habla sobre cómo revestir las paredes de las fachadas y en su escrito destaca sobre todo lo siguiente:

– Cuando la fachada estaba labrada de sillarejo, se solía enfoscar toda de yeso, y del mismo material se hacían también las cornisas, los plintos y todos sus adornos y por último se le daba por fuera una mano de yeso y piedra molida para que tuviera así la vista de la piedra.
– Cuando la fachada estaba labrada de ladrillo, y en el caso que no hubiese yeso para enfoscarla, según Bails era mejor dejarla descubierta que utilizar revocos de mezcla común que serán poco duraderos, dando al final por fuera una mano de almazarrón (almagre) y lechada de cal en las llagas y tendeles.

Es decir, contempla la posibilidad de utilizar yeso al exterior tanto en fábricas de sillares como de ladrillos, prefiriéndose el yeso a otro tipo de mezcla o incluso la posibilidad de dejar las fábricas de ladrillos a la vista si no hubiera este material.

Asimismo, Juan de Villanueva (1827, 71-85) al igual que muchos otros tratadistas explica con detalle la gran variedad de posibilidades que existen para acabar una obra, tanto interiormente como exteriormente, que consiste en cubrir las paredes con una corteza de mezcla de cal y arena o de yeso solo y en aplicar diversas túnicas delgadas que no contribuyen a darle más solidez, pero que ayudan infinito a su conservación, al proteger las fachadas de las inclemencias del tiempo. Por tanto, se deduce que contempla la posibilidad de hacer un revestimiento de yeso al exterior, así como el poder hacer los tientos de las maestra no únicamente de yeso sino también de mezcla de cal si el primer material no abundara. En cuanto a la ejecución destaca su recomendación de enripiar las tongadas con piedras, teja roja o ladrillo cuando los jaharros tuvieran que ser muy gruesos o se tuvieran que hacer rellenos porque ello contribuía a que el material fraguase con rapidez. Asimismo, comenta que era mejor utilizar la llana que la paleta porque con ésta se extendía con más comodidad, igualdad y abundancia el material agilizando por tanto la maniobra. Y que al hacer un blanqueo de yeso debía haber un peón lavador que aplicara paños mojados sobre la pared, igualando y alisando los golpes que había dejado la llana al extender el material, subiendo y bajando el paño por toda la pared que había tendido el oficial:

> En España este es el modo más usado de blanqueos, por mucho más abundante en yeso que otros países, y tan excelente que no se puede desear más en su blancura y fortaleza.

En cambio, el académico de la Real Academia de Bellas Artes de Valencia Fornés y Guerrea (1841, 75-91), se detiene únicamente en la utilidad de los estucos y su práctica porque «…el olvido acusa nuestra ignorancia…» y «…los que la poseen se la reservan como un secreto precioso…». Es decir, pone en relieve cómo las técnicas para hacer los estucos e incluso otro tipo de revestimientos eran celosamente mantenidas en secreto por los profesionales que las conocían y ejecutaban.

Otro de los tratadistas que plantea la posibilidad de hacer revocos de yeso en el exterior, o para hacer todo lo que compone la decoración de las fachadas es Pereir y Gallego (1853, 199). Primeramente, recuerda que la calidad del yeso dependía de su cochura que daba lugar a tres o cuatro clases diferentes, debiéndose reservar la mejor para los adornos de escultura si los había, o para las cornisas, cielos rasos y enlucidos. En segundo lugar, apunta que para que los revocos fueran sólidos el yeso debía amasarse bastante espeso y extenderse con llana repasándose durante un cuarto de hora. Y precisa que el color amarillo era utilísimo tanto para la conservación de los paramentos exteriores de las paredes nuevas revocadas con yeso como para dar a las antiguas un aspecto nuevo. Además, era consciente que si los revocos se hacían con mortero nunca quedaban tan lisos como los de yesos. Y por último, también hace referencia a los estucos y las posibles mezclas que se podían utilizar para su ejecución.

Al igual que Pereir y Gallego, Fortenay (1858, 114) también contempla la posibilidad de hacer guarnecidos de yeso y enlucidos exteriores que comprenden los blanqueos de yeso, con mayor esmero si eran exteriores para resistir la acción de los elementos y preservar las paredes así como los edificios de todo deterioro. No obstante, hay que puntualizar que su tratado es un manual práctico para construcciones rústicas, pero igualmente contiene información muy valiosa sobre la ejecución de un revestimiento.

Por su parte, el tratado de Espinosa (1859, 294-301), que se caracteriza por una explicación sobre los diferentes tipos de acabados y decoraciones algo desordenada y confusa, es interesante por las recomendaciones que hace para su ejecución. El autor detalla que para hacer un blanqueo de yeso había que lavar al final la superficie con una muñeca de trapo y que debía ejecutarse en varios puntos a la vez para evitar desigualdades siendo necesario emplear distintas cuadrillas de albañiles simultáneamente. No obstante, como era inevitable la aparición de una junta se debía cortar en bisel la unión para que la superficie fuera superior, mojarla y si era vertical cortarla inclinada para que la parte nueva descansara sobre la vieja, teniendo que correr la llana sobre la parte vieja y apretar ésta en la unión. También describe un tipo de mezcla especial llamado blanco de borra que era un mortero compuesto de cal, arena y arcilla al que se le añadía pelote, siendo el mejor el de becerro o el tendido del paño. Asimismo, es quizás el primer tratadista de los analizados que recomienda en las paredes expuestas a la intemperie utilizar mezclas hidráulicas o de cemento, y que además, especifica que la escayola se utilizaba solo para interiores porque no era duradera para las fachadas.

Esta última aclaración, sobre la idoneidad de utilizar el yeso en el interior la comparte Valdés (1870, 625-626, 633 y 635) en su tratado cuando explica el estuco de yeso en disolución de cola fuerte, ya que especifica que éste último se tenía que emplear solo en el interior.

Sin embargo, Rebolledo (1875, 196-200) vuelve a plantear la posibilidad del uso de yeso en el exterior cuando define con el término revoque a las capas que en muchos casos recubrían las fachadas y paredes de los edificios, y que podían ser de yeso siempre que fuera de buena calidad y económico, o en su defecto de cal. La siguiente capa que se aplicaba encima de los revoques era el enlucido y ésta también podía ser de yeso. Asimismo, anota que para hacer revoques y enlucidos también se usaban morteros de cal, de cal hidráulica y de cemento. Por último, de igual modo los estucos podían hacerse de yeso o de cal, sin embargo, aquí sí que detalla como Valdés que los primeros eran para el interior y los segundos para las fachadas.

Esta diferenciación material la refleja también en su tratado Marcos y Bausá (1879, 215-222) que al explicar los jaharros y los enlucidos comenta que éstos últimos podían ser de yeso y se utilizaban en los interiores sobre un guarnecido de yeso negro o que podían ser de mortero fino aplicado después del enfoscado en las fachadas. De igual modo, coincide con Villanueva sobre la necesidad de que un peón de mano lave el enlucido de yeso con una muñeca de trapo mojada para igualar los defectos. Y además, tampoco se olvida de los estucos y las escayolas puntualizando que cuando los primeros eran de yeso aunque se frotaran con acei-

te de oliva o tocino rancio no tenían buena aplicación en los parajes húmedos porque su superficie se manchaba, deslucía y era de poca duración volviéndose áspera al tacto y sin pulimento.

En cambio, el tratadista Pardo (1885, 144-146) tan solo describe las variedades de estuco que podían hacerse y también especifica que en España el de yeso se llamaba «escayola» y solo podía utilizarse en el interior de las habitaciones o en parajes secos.

De igual modo, Nacente (1890, 192-195) recoge en su tratado las obras ligeras o secundarias que se hacían en un edificio, es decir los revocos, los enlucimientos y los enlucimientos con blanco de borra. En él, tanto los revocos, la primera capa sobre las paredes, como los enlucimientos, la última mono, eran de yeso, sin que se plantee una alternativa material a no ser que el yeso fuera caro o escaso. En este caso, se podían utilizar una mezcla de cal y arena o de cal y arcilla blanda con borra de lana y en las superficies exteriores de albañilería enlucimientos de «cimento», pero si la obra era vieja o estaba revestida de yeso era necesario picarla antes de hacer el revestimiento.

El tratadista Florencio Ger y Lóbez (1898, 231 y 1915), contradice a Benito Bails ya que considera un sin sentido revestir las obras de sillería y comenta que los revestimientos compuestos por mezclas de cal o yeso eran principalmente el *rocallaje,* el *revoco tirolés* y los *revoques,* que podían estar *enlucidos, estucados* o *escayolados.* Los más novedosos eran los primeros porque se caracterizaban por tener ripio en su mezcla y los segundos por obtenerse una superficie áspera y rugosa hecha con el yeso de grano fino, que quedaba después del tamizado, o con una mezcla de cal y arena de granos muy gruesos. En cambio, los revoques eran los mismos que contemplan lo demás tratadistas y podían también hacerse con mortero hidráulico, mientras que el enlucido de escayola o escayolado se hacía con yeso muy blanco de la mejor calidad y en Valencia siguiendo un procedimiento algo diferente:

> En Valencia, una vez extendida la masa y antes de secarse, se moja con una esponja y se frota con un asperón para hacer ver los rasgos, vetas y sombras. Se limpia con la esponja y agua clara para descubrir los defectos, faltas o huecos, los cuales se cubren inmediatamente con una masa clara extendida con brocha y apretada con la paleta y cuando empieza a enjugarse se restriega con un pedazo de suela para quitarle las sobras. Cuando está seco el escayolado, se le vuelve a pasar la piedra pómez y se extiende otra lechada con la brocha, frotando a seguida con piedra de Moncayo y agua clara. Las lechadas son cada vez más finas, rematando con una piedra afiladera para sacar el lustre, y cuando empieza a secarse se frota con una piel de badana y polvos de lustre y hasta con los dedos.

Finalmente, lo más sorprendente de su tratado es que previene al lector de que la cal y el yeso se repelían porque cada una forma un cuerpo aparte, por lo que había que hacer los revoques con varias capas, mezclando en la primera la cal y el yeso por partes iguales y aumentando en las sucesivas la cantidad del material con el que se iba a hacer el exterior hasta que fuera exclusivamente de éste. Además, los revoques de yeso era conveniente hacerlos solo en el interior de los edificios y si el lugar era húmedo debían emplearse mezclas hidráulicas.

Por su parte, el tratado del francés Barberot (1927, 33 y 71-72) destaca sobre todo por el detalle con que explica las diferentes composiciones de un estuco con yeso para interiores y por explicar minuciosamente la gran variedad de obras accesorias de una construcción, contemplando en este apartado tanto los enlucidos hidrófugos como otro tipo de acabados específicos y productos completamente novedosos de principios del siglo XX.

Por último, el tratado de Benavent (1939, 84-90) es de especial interés no solo por la fecha de su publicación sino porque en él se explica que el revoco más corriente era el de mortero de cal hidráulica, que tenía que ser más magro que el de las paredes, que también se podía utilizar el de cemento Portland y que en cambio en las paredes y tabiques interiores revocos de yeso. Además, son también muy interesantes las observaciones que comenta sobre la ejecución de un estuco y sobre todo la comparativa que establece entre la ejecución de un esgrafiado tradicional en Cataluña y un esgrafiado moderno.

Para concluir, a la muy frecuente falta de claridad con la que los tratadistas abordan el tema y a la gran variedad de terminología que emplean, hay que sumar también el hecho que se consideraba la ejecución de un revestimiento una técnica constructiva ampliamente conocida por «todos» justificando así que no era necesario detenerse en su explicación en demasía. Quizás, es por ello que Portuondo (1877, 24) sobre los estucos, enlucidos, pinturas, etc. únicamente comente:

> Nada tenemos que añadir sobre los enlucidos y estucos: su uso es universal hoy; son más bellos que consistentes, y aplicados a las paredes exteriores de los edificios los degrada la intemperie, y los ennegrecen y afean las lluvias. La pintura y los relieves de escultura, que generalmente se hacen con yeso, son muy usados en la decoración de paredes interiores y exteriores; pero en este último caso, no invirtiendo considerables sumas en un continuo entretenimiento, se degradan en poco tiempo y pierden todo su carácter y toda su belleza.

Conclusiones

En general, los tratadistas hacen referencia al yeso en sus escritos, algunos de manera más extensa y concreta que otros, pero siempre en menor medida en comparación con la cal. Quizás porque no lo consideran un material de suficiente importancia, llegando incluso al extremo de ni tan siquiera nombrarlo como material de construcción, como ocurre con el tratadista Cristóbal de Rojas en su *Teórica y práctica de fortificación, conforme las medidas y defensas de estos tiempos, repartida en tres* de 1598. En cambio, sí que la gran mayoría define y explica, con menor o mayor detalle, la ejecución de un revestimiento, además de otros conceptos, técnicas, tipologías o acabados superficiales, a pesar de tratarse de un tema «conocido por todos» que no requiere de extensas explicaciones. Según la información extraída es habitual que muchos tratadistas remitan al capítulo III del libro séptimo de Vitruvio, sin embargo otros proporcionan datos muy interesantes, sorprendentes y curiosos sobre la ejecución de un revestimiento exterior con este material.

Principalmente, destacan las recomendaciones de Fray Lorenzo de San Nicolás para revestir con yeso la madera o paredes manchadas, y porque especifica que no sea necesario rellenar los cajones de las maestras con varias capas como con la cal, lo que simplifica y acorta el proceso de ejecución de un revestimiento de yeso maestreado. Asimismo, una vez aplicadas las masas, tanto Juan de Villanueva como Marcos y Bausá o Espinosa, recomiendan que un peón de mano lave la superficie para eliminar las marcas que aparecen como consecuencia de los instrumentos utilizados. En definitiva, es posible hablar de una técnica específica para la ejecución de revestimientos de yeso, independientemente de su ubicación en el interior o en el exterior que además supone la implicación de diferentes cuadrillas trabajando simultáneamente. De igual modo, destaca el hecho que los revestimientos no únicamente han protegido las fachadas de fábricas heterogéneas de ladrillos sino también las de fábricas de sillares, tal y como explica en su tratado Benito Bails. Así como, que haya tratadistas que no encuentran ningún impedimento a que los revestimientos de yeso estén al exterior, como es el caso de Bails, Villanueva, Pereir y Gallego, Fortenay y Rebolledo, mientras que otros únicamente los recomiendan al interior o protegidos de la lluvia y la humedad. Por último, es igualmente muy interesante comprobar cómo en los manuales y tratados más recientes se recoge con claridad el cambio material que ha sufrido esta técnica con la introducción de los nuevos materiales fruto de la industrialización como los son los morteros hidráulicos o de cemento, y que se consideran más adecuados para revestir fachadas.

Lista de referencias

Bails, B. 1787. *Elementos de matemática, tomo IX, parte I que trata de la arquitectura civil*. Madrid: Impresor Don Joaquín Ibarra.

Barahona Rodríguez, C. 1992. *Revestimientos continuos en la Arquitectura Tradicional Española.* Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transportes Dirección General para la Vivienda y Arquitectura.

Barberot, E. 1927. *Tratado práctico de edificación*. Barcelona: Gustavo Gili.

Benavent de Barberá, P. 1939. C*ómo debo construir. Manual práctico construcción de edificios.* Barcelona: Bosch.

Caparrós Redondo, L.; R. Giménez Ibáñez y C. Vivó García. 2001. *La cal y el yeso. Revestimientos continuos en la arquitectura tradicional valenciana.* Valencia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Valencia.

Diez Reyes, M.C. 2004. «En torno al yeso». *Informes de la Construcción.* Especial yesos. 56 (493): 13-18.

Espinosa, P.C. 1859. *Manual de construcciones de albañilería.* Madrid: Imprenta a cargo de Severiano Baz.

Fornés y Gurrea, M. 1841. *Observaciones sobre la práctica del arte de edificar*. Valencia: Imprenta de Cabrerizo.

Fortenay de, M. 1858. *Novísimo manual práctico de las construcciones rústicas o guía para los habitantes del campo y los operarios en las construcciones rurales.* Madrid: Editores Calleja, López y Rivadeneyra.

Ger y Lobez, F. 1898. *Tratado de construcción civil*. Badajoz La Minerva Extremeña.

Ger y Lobez, F. 1915. *Manual de construcción civil.* Badajoz La Minerva Extremeña.

La Spina, V., C. Mileto, y F. Vegas. 2013a. «The historical renderings of Valencia (Spain): An experimental study». *Journal of Cultural Heritage,* 14: 44-51. Elsevier Masson SAS.

La Spina, V. et al. 2013b. «The ancient gypsum mortars of the historical façades in the city center of Valencia (Spain)». *Periodico di Mineralogía.* 82, 3, 443-457.

La Spina, V. 2015. *Vestigios de Yeso. Los revestimientos continuos históricos en las fachadas de la Valencia intramuros: estudio histórico, caracterización y propuestas de conservación.* Valencia: Tesis Doctoral UPV.

Marcos y Bausá, R. 1879. *Manual del albañil*, Madrid: Dirección y Administración.

Millington, J. 1848. *Elementos de arquitectura*, tomo I. Madrid: Imprenta Nacional.

Nacente, F. 1890. *El constructor moderno: tratado teórico y práctico de Arquitectura y Albañilería*, Barcelona: Ignacio Monrós y compañía.

Pardo, M. 1885. *Materiales de construcción.* Madrid: Imprenta y Fundición de Manuel Trillo.

Pereir y Gallego, P. 1853. *Tesoro de albañiles*. Madrid: Imprenta de Antonio Martínez.

Portuondo y Barceló, B. 1877. *Lecciones de arquitectura*, primera y segunda parte. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros.

Rebolledo, J. 1875. *Construcción general.* Madrid: Imprenta y fundición de J. Antonio García.

Rojas de, C. 1598. *Teórica y práctica de fortificación, conforme las medidas y defensas de estos tiempos, repartida en tres*. Madrid: Luis Sánchez.

San Nicolás, Fr. L. de. 1639. *Arte y uso de arquitectura,* Compuesto por Fr. Laurencio de S Nicolas, Agustino Descalço, Maestro de obras. S. l., s.f.

San Nicolás, Fr. L.: 1663. *Arte y uso de arquitectura, segunda parte*, Madrid.

Sanz Arauz, D. 2009. *Análisis del yeso empleado en revestimientos exteriores mediante técnicas geológicas*. Madrid: Tesis Doctoral UPM.

Sanz Arauz, D. y L. Villanueva Domínguez. 2009. «Evolución de los morteros históricos de yeso al exterior en la España Central». *Actas del sexto Congreso Nacional de Historia de la construcción,* Volumen II: 1329-1335, Madrid: Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Valdés, N. 1870. *Manual del ingeniero y arquitecto. Resumen de la mayor parte de los conocimientos elementales y de aplicación en las profesiones del ingeniero y arquitecto: comprendiendo multitud de tablas, fórmulas y datos prácticos para toda clase de construcciones y por separado un atlas de 133 grandes láminas*. Madrid: Imprenta de Gabriel Alhambra.

Villanueva de, J. 1827. *Arte de albañilería o instrucciones para los jóvenes que se dediquen a él*. Madrid: Oficina de Don Francisco Martínez Dávila.

Vitruvio Polión, M. L. 1787. *Los diez libros de arquitectura, traducidos del latín y comentados por Don Joseph Ortiz y Sanz*. Madrid: Imprenta Real.

La cúpula del Palacio de las Artes y la Industria: geometría y construcción

Raquel Lasheras Salgado
Javier Ortega Vidal
Pablo Álvarez Blanco

A partir del S. XIX, tras la Revolución Industrial, los países que habían ido transformado su sociedad, sistemas económicos, cultura y capacidad productiva pretenden demostrar sus avances tecnológicos y el prestigio adquirido. Una de las formas que tienen para expresarlo es a través de la arquitectura. Comienzan a organizarse una serie de Exposiciones, tanto Universales como a nivel nacional, que son el escaparate del progreso ocurrido en cada país. Como España no podía ignorar lo que estaba ocurriendo en toda Europa, en 1859, a través de un Real Decreto firmado por Isabel II, el Gobierno decide comenzar a celebrar las Exposiciones Nacionales de Bellas Artes para mostrar las transformaciones y avances que se habían producido en la agricultura, las artes y la industria del país, con la idea de servir de estímulo a los productores de riqueza nacional (Gutiérrez 1992).

Estas Exposiciones Nacionales necesitaban una sede. En 1862 se convoca un primer concurso internacional para la construcción del palacio de Exposiciones en Madrid, resultando ganador entre once proyectos presentados, el de Peck, un arquitecto inglés (Martinez de Velasco 1881). El edificio nunca llegó a construirse. La exposición fue postponiéndose en el tiempo, hasta que en 1881 se convoca un nuevo concurso.

A esta nueva convocatoria, con un presupuesto mucho más modesto, se presentan seis propuestas. Éstas incluían el proyecto y la construcción del edificio. Ninguna de ellas resulta merecedora del primer premio, por lo que se solicita a los autores de los tres proyectos agraciados con el segundo premio que realicen algunas modificaciones para adaptarse de mejor manera a las necesidades redactadas en el pliego del concurso. Finalmente la Junta formada para el fallo del concurso decide otorgar el primer premio al proyecto Omnia Vincit Labor, del arquitecto Fernando de la Torriente y el constructor Federico Villalba.

Poco se sabe del arquitecto, salvo que se graduó en la Escuela de Madrid en 1869 a la edad de 23 años. Nada más graduarse, trabajó con Ángel Fernández de los Ríos, Enrique Repullés y Manuel F. Quintana en la elaboración de los planos de proyecto de Futuro Madrid (Torriente 1871). En febrero de 1884 fue nombrado delegado de Incendios, para ejercer la función que venía realizando el visitador general de Policía Urbana. Por primera vez un arquitecto dirigirá el servicio contra incendios de Madrid. En 1886, mientras dirigía las obras del Palacio de las Artes y la Industria, se retiró por enfermedad a Santander, donde murió a la edad de 40 años, en julio de ese año, dejando en manos de Emilio Boix y Merino, hasta entonces auxiliar del director, la finalización del edificio (Martínez de Velasco 1887).

La construcción se planteó con estructura de hierro, debido al poco tiempo que se disponía para realizar las obras, y se utilizó el ladrillo en las fachadas para darle una apariencia más monumental, aspecto que se subrayó desde la concepción inicial del concurso, puesto que, como se ha comentado, debía representar el prestigio de todo el país. Consta de tres pabellones paralelos, de dos plantas cada uno, unidos por unas dobles

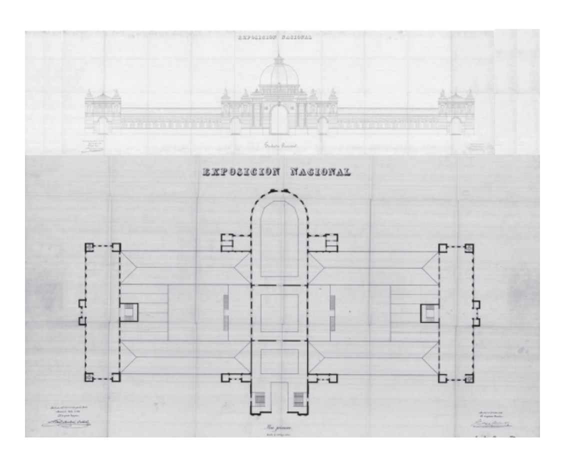


Figura 1
Planta alta y alzado principal del edificio (Planos de Fernando de la Torriente. 1883. AGA 31-081183)

galerías perpendiculares a ellos de una sola planta que conforman dos patios a ambos lados del pabellón principal. La superficie total sería de unos 15.000m². Este pabellón central alberga el acceso principal, que incluye un distribuidor y un vestíbulo, y un salón posterior rematado por una exedra circular. En el centro de toda la composición se encuentra en salón principal, cubierto por una gran cúpula que se levanta por encima del resto del edificio.

Incluso antes de comenzar las obras, en noviembre de 1881, Federico Villalba las traspasa a una constructora belga, la Sociedad Internacional Braine le Comte, que ya había trabajado en la Estación de Delicias, colocando en las cubiertas de los muelles el sistema Polonceau, el mismo que se utilizó para las cubiertas de las naves del Palacio, y simultaneó también los trabajos con el puente ferroviario sobre el río Tuy (Domínguez 1984). Las obras comienzan en diciembre de 1881 (Martínez de Velasco 1887).

La reina María Cristina inauguró el edificio en 1887, y ya desde sus inicios fue sufriendo continuas transformaciones. La recepción definitiva se produce en 1889. En 1896 Pascual Herráiz y Silo reformó el interior del Palacio, simplificando la planta y dejándola más diáfana.

En 1907, sucede un hecho que cambia definitivamente la configuración del edificio, dividiéndole en dos partes completamente diferentes: en el ala norte se instala el Museo de Ciencias Naturales, mientras que en la galería noroeste y el cuerpo central, tras haber ocupado parte del Colegio de Sordomudos, frente al Palacio, se instala la Escuela de Ingenieros Industriales. Desde entonces ambos organismos comparten el edificio. Entre 1909 y 1910 Enrique Repullés y Segarra adaptó el cuerpo de la fachada Norte para el Museo (Muro y Rivas 1987).

En 1910 el Instituto Torres Quevedo ocupa la galería noreste, hasta que en los años 40 se traslada a otra sede y cede su espacio al Museo. Entre 1925 y 1928 el Museo del Traje se traslada a la galería suroeste. La galería sureste y el cuerpo sur llegaron a albergar un cuartel de la Guardia Civil.

En 1929 Modesto López Otero lleva a cabo un Plan de Reformas y Ampliación del Museo de Ciencias Naturales, que pretendía ampliar progresivamente las instalaciones a todo el edificio. La dirección de la obra entre 1932 y 1936 la llevó Manuel Sánchez Arcas, modificando sobre todo la distribución de los laboratorios. Se adquirió el ala derecha de la fachada principal, que había ocupado el Museo del Traje para destinarla a la Sección de Geología y Entomología.

Tras la guerra civil, es Pedro Sánchez Sepúlveda el que se hace cargo de la conservación de la parte del edifico destinada a Museo. Entre los años 40 y 50, se realizan numerosas obras de reforma en la parte del edificio de Industriales, siendo director de la Escuela Manuel Soto Redondo y bajo la supervisión del arquitecto Rafael Barrios. Una de estas obras acometidas, provocada por la insuficiencia de espacio, consiste en la construcción de un nuevo forjado sobre la sala central para albergar unos despachos. Esta solución, que por un lado aumenta la superficie útil del edificio, oculta la visión de la gran cúpula desde el interior, y desvirtúa en parte la configuración del edificio.

La cúpula

En la actualidad, la cúpula objeto de este estudio es visible únicamente desde el exterior del edificio, sobresaliendo en altura del resto de las cubiertas. Pero en el interior continúa oculta desde abajo tras una pirámide de vidrio y cinc, probablemente construida durante las reformas llevadas a cabo por Rafael Barrios, que a su vez queda oculta tras un falso techo de escayola. Ni siquiera se intuye el arranque de la cúpula, puesto que la configuración de los despachos situados bajo ella nada tiene que ver con la centralidad espacial que determinaría su presencia.

Ya incluso antes de la revolución industrial, los cambios que se estaban produciendo en la sociedad comenzaron a buscar su reflejo en la arquitectura. La clase media emergente demandaba nuevos usos en los edificios y nuevos espacios llamados a representar este poder económico y social. Así se conciben, por ejemplo, las galerías comerciales, los mercados y los teatros, que buscaban una visibilidad que anteriormente había sido representada por otro tipo de edificios. La cúpula había dejado de ser un elemento exclusivo y característico de la arquitectura eclesiástica, para convertirse en símbolo de las nuevas clases sociales que poco a poco habían ido alcanzando más poder. Y además, la construcción en hierro permite mostrar la grandiosidad, amplitud, luminosidad y cierto alarde constructivo, además de ser más resistente al fuego que la madera (Morganti et al. 2012).

En el caso que nos ocupa, el Palacio de Exposiciones estaba llamado a mostrar los avances y el progreso que se estaba produciendo en España. Por un lado, la construcción en hierro había comenzado a utilizarse como sistema constructivo en los puentes y las estaciones de ferrocarril, mostraba la modernidad que tanto se ansiaba (Navascués 1980). Por otra parte, ese mismo avance le restaba grandiosidad al palacio, dotándole de un aspecto industrial poco apropiado para una exposición de Arte.

Con la introducción del hierro las estructuras se vuelven más ligeras y esbeltas. Sin embargo el lenguaje utilizado continúa siendo el que se había venido utilizando con la piedra o la madera.

La cúpula del Palacio de las Artes y la Industria tiene una de las tres plantas más empleadas en la construcción de cúpulas de la época (Oslet 1886): la planta poligonal, en este caso octogonal, que se levanta sobre el crucero de planta cuadrada, con una luz de 18,85m. La construcción de los ocho nervios, la clave y las correas se lleva a cabo en hierro, mientras que los plementos se cierran con tablones de madera. La cara exterior se cubre con unas plaquetas de cinc sobre rastreles de madera.

Según se desprende de la memoria del proyecto presentado inicialmente al concurso, la versión original no era una cúpula octogonal, como la finalmente

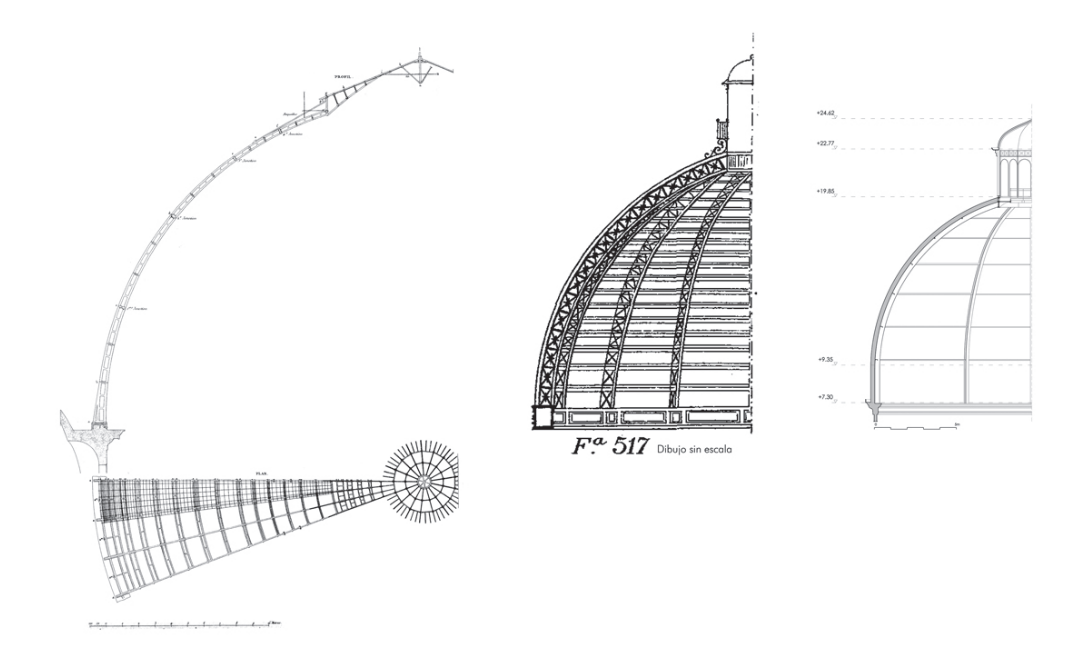


Figura 2
(a) Sección y planta de la cúpula del Halle au blé (Addis 2007, fig. 307), (b) sección de la cúpula tipo de planta octogonal (Oslet 1886; Rovira 1900) y (c) sección de la cúpula del Palacio

construida, sino un casquete de planta circular que se cambió al presentar las modificaciones tras quedar el primer premio desierto. No quedan más referencias a esta primera versión.

Podría compararse esta cúpula con otros ejemplos que se venían construyendo en hierro en Europa, como la cúpula reconstruida en 1808-1813 del Halle au blé en París, de Bélanger y Brunet, con una luz de 39m (Addis 2007), prácticamente el doble que la cúpula del Palacio. En este caso se trata de una construcción con 51 nervios de hierro fundido en celosía, formados cada uno de ellos por tramos curvos de aproximadamente 2,20m de longitud, que al unirse forman los arcos que conforman la estructura de la cúpula.

Igualmente, esta cúpula guarda cierta similitud con el ejemplo de cúpula poligonal tipo que aparece en los tratados de construcción de la época (Oslet 1886; Rovira 1900). No se explica de qué cúpula se trata, pero se representa una cúpula ojival con nervios en celosía, formadas por cruces de San Andrés. En la parte superior, apoyan en un anillo o corona sobre el que se eleva la linterna o cupulín, tal y como ocurre en la cúpula del Palacio. Mientras que en esta cúpula todos los nervios son en celosía, en nuestro caso son macizos.

Sin embargo, no existen, como tales, otros ejemplos en Madrid de cúpulas contemporáneas, puesto que la mayoría de los edificios construidos con hierro en esos años tenían cubiertas a dos o cuatro aguas (Navascués 1973), utilizando sistemas más o menos prefabricados como podían ser el sistema Polonceau o el Dion. Por esto, es un ejemplo único de la Arquitectura del Hierro en Madrid.[1]

La cúpula es el símbolo del escudo de la Escuela de Industriales y probablemente casi ningún alumno que estudia en sus aulas ha podido observarla desde su intradós. Es más, hasta hace apenas 10 años únicamente se habían llevado a cabo obras de mantenimiento, como la que dirigió en 1978 la arquitecta Amparo Berlinches, pero poco a poco se están dando pequeños pasos en la puesta en valor de su arquitectura. Entre diciembre de 2007 y agosto de 2008, se llevó a cabo un nuevo proyecto de rehabilitación de la misma, redactado Jose María García del Monte y Ana María Montiel Jiménez, que a su vez condujo a la redacción de un Plan Director (2009) para la parte del edificio destinada a la Escuela de Industriales, o la reciente entrega de un Trabajo Fin de Grado sobre su historia y valoración, dirigido por Mª Luisa Martinez Muneta. Estos últimos trabajos plantean un trazado de la cúpula mediante arcos apuntados, semejante a la cúpula de Bruneleschi para Santa Maria de las Flores, que ya habían apuntado otros autores (Gómez Morán 1985). Pese a no tener el mismo tamaño, porque prácticamente la cúpula florentina duplica en tamaño a la del Palacio, la geometría que plantean es muy similar.

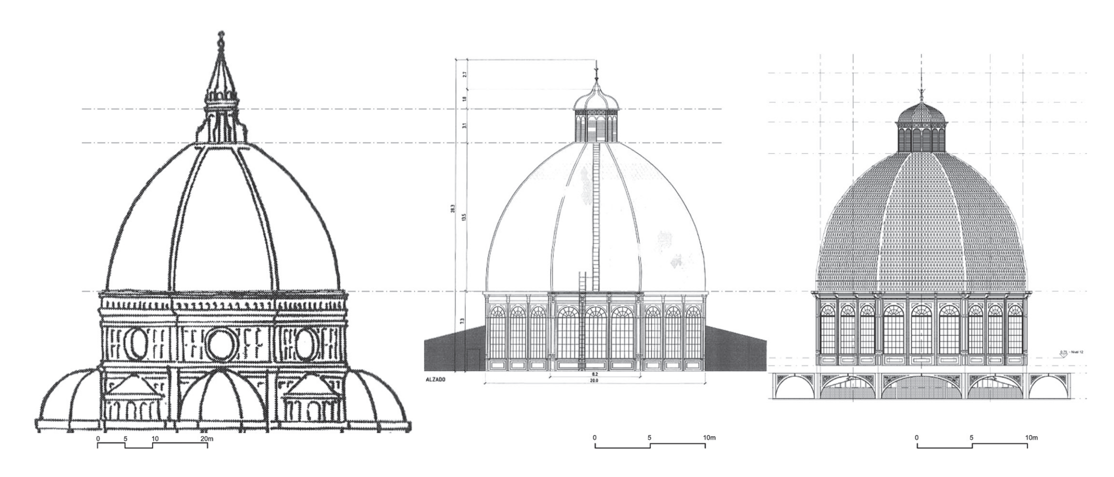


Figura 3
(a) Alzado de la cúpula de Santa Maria de las Flores, de Brunelleschi (Thunnissen [1950] 2012), (b) Alzado del Proyecto de Rehabilitación de la cúpula de la Escuela Técnica Superior de Industriales (García del Monte 2007) y (c) Alzado de la cúpula, del Trabajo Fin de Grado de Pablo Álvarez Blanco

Metodología empleada. Memoria del levantamiento

Para conocer y poder valorar la cúpula es necesario realizar un levantamiento de la misma, ya que hasta este momento no se ha localizado más documentación que los planos originales del edificio, de 1883, y los citados proyectos de rehabilitación, que si bien centran su esfuerzo en las obras de conservación, no prestan excesiva atención a la documentación de la cúpula en su estado actual. Esta documentación del objeto arquitectónico es un medio de comprensión y estudio.

A través de los planos originales consultados en febrero de 2014 en el Archivo General de la Administración es posible realizar una primera aproximación al objeto de estudio. Los planos constan de tres plantas generales del edificio (cimientos, baja y primera) dibujadas a escala 1:200 y los alzados y secciones dibujados a escala 1:100. Todos tienen fecha de 20 de octubre de 1883. La cúpula, como elemento dominante del edificio, aparece reflejada en los alzados y las secciones, pero no en planta, porque lo que se dibujó fue un nivel inferior.

A partir de estos planos y con apoyo de un medidor láser Hilti PD42 se han verificado algunas medidas para poder realizar una primera aproximación a la cúpula realmente construida. La construcción industrializada que admite el hierro ha permitido que, pese a las dificultades de acceso encontradas, se pueda realizar un levantamiento bastante fiable. La modulación, la simetría, la repetición con la que se proyectó el edificio han facilitado enormemente la toma de datos.

Una vez dibujados una primera versión de una planta y una sección, se realizó un levantamiento fotogramétrico a través de 101 fotografías tomadas del interior y 68 del exterior con una cámara Sony DSC-HX300. La imposibilidad de acceso a gran parte de la cúpula, por encontrarse oculta desde la planta inferior y ser el plano accesible un falso techo de escayola, ha obligado a que las fotografías se hayan tomado desde el nivel de arranque de los arcos fajones en su lado este, y desde el antepecho de una ventana del tambor en el lado noreste.

Gracias al programa PhotoModeler Scanner v.6 se ha obtenido un modelo en tres dimensiones. Este programa permite ir marcando puntos sobre los distintos elementos de la cúpula, en varias de las fotografías tomadas y generar enlaces entre éstas. De esta forma se obtiene un dibujo en 3D y ortofotografías que permiten medir en verdadera magnitud sobre ellas.

Estos datos posteriormente se pasan a AutoCAD para su análisis y comprobación de los planos de pro-

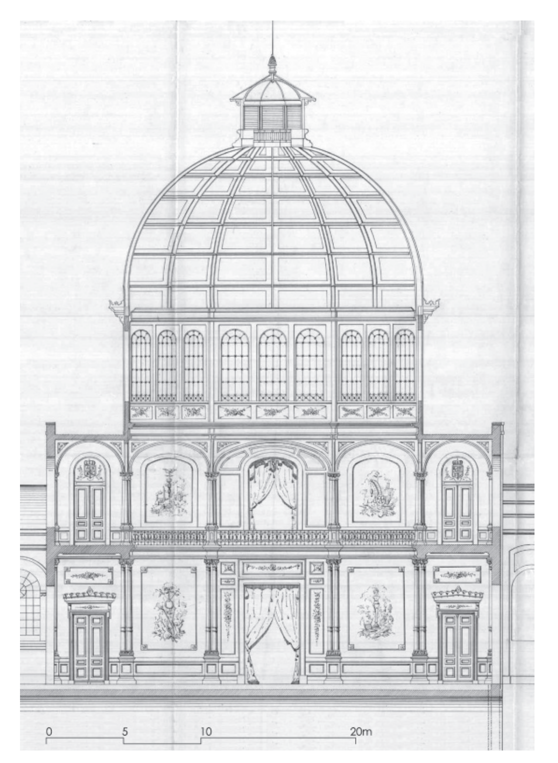


Figura 4
Sección de la cúpula. (Planos de Fernando de la Torriente. 1883. AGA 31-08183)

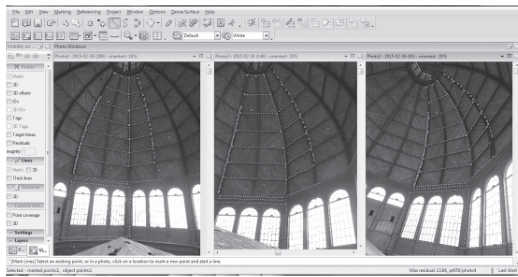


Figura 5
Captura del programa PhotoModeler Scanner, que ha servido de herramienta para realizar el levantamiento

yecto, pudiendo elaborar una documentación contrastada.

Trazado

La cúpula construida tiene un diámetro de 18,85m y planta octogonal. Alcanza una altura, desde el arranque del tambor, de 19,70 m. Se sitúa en el centro de la composición del edificio, sobre una sala perfectamente cuadrada de 27,80 m de lado. Esta sala tiene una galería perimetral en planta primera, soportada por doce columnas de fundición que en planta primera se coronan por una serie de arcos de trazados distintos. La transición entre la planta cuadrada y la octogonal se resuelve mediante una cubierta plana, que se inclina levemente para facilitar la evacuación del agua.

Actualmente, el falso techo de escayola que oculta el intradós de la cúpula se encuentra en el nivel de arranque de los 24 arcos situados en la parte superior de la galería de planta primera. Los capiteles de los que arrancan los arcos están oculto y resulta imposible acceder a ellos para documentarlos. Los arcos son de tres tipos: los que se encuentran más próximos a los muros perimetrales, y se levantan perpendiculares a ellos, son arcos de medio punto con un radio de 1,93 m. Y los demás arcos, siendo todos ellos de carpanel con tres centros, se dividen en dos grupos: los situados bajo el perímetro de la cúpula, que son más tendidos y los que quedan a ambos lados de éstos que son más cerrados y más parecidos a arcos de medio punto.

Sobre todos estos arcos, se levanta una línea de cornisa y de ella arranca un tambor acristalado de 7,25 m de altura. El tambor está formado por ocho grande machones achaflanados, de 50 cm de ancho, que soportan el peso de la cúpula. Cada vano del tambor se divide en tres grandes ventanales con dos pilastras intermedias de 22 cm de ancho, y queda perfectamente modulado en planta, lo que permite obtener gran precisión en el dibujo, a pesar de que la toma de datos no es sencilla por la imposibilidad de acceso a la mayor parte de la cúpula, tal y como se ha comentado anteriormente.

La geometría general de la cúpula se obtiene a partir de ocho troncos de cilindro que se encuentran peraltados en su base. El peralte supone algo menos

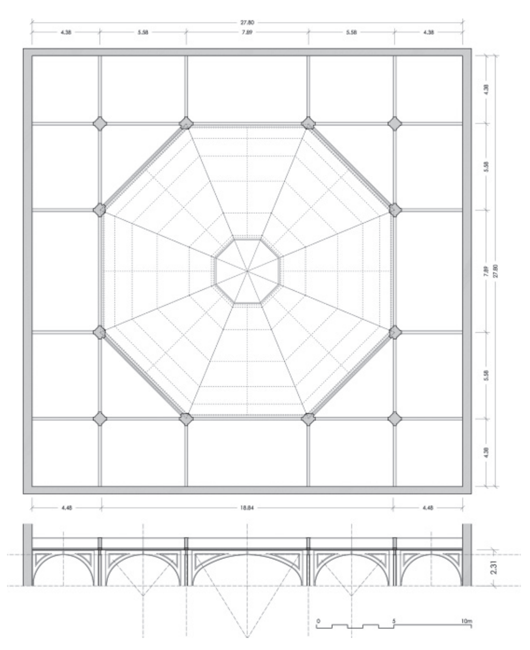


Figura 6
Planta cota de arranque de los arcos y alzado de los mismos (Dibujo de los autores)

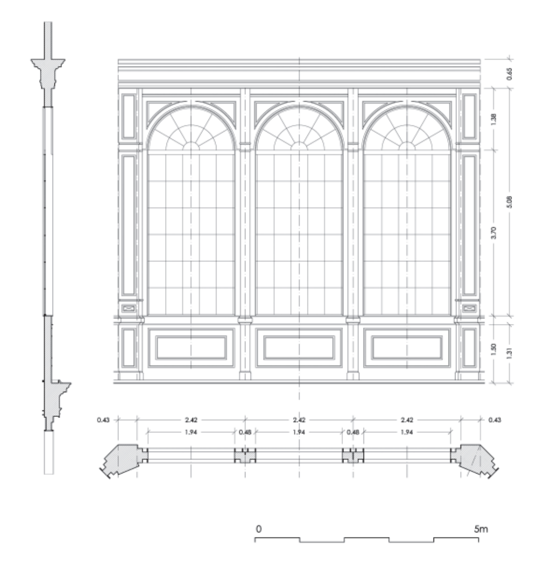


Figura 7
Alzado, planta y sección de un lado del tambor (Dibujo de los autores)

que el primer tramo entre el arranque desde la cornisa y la primera correa, con una altura de 2,10 m.

A partir de ahí, la cúpula se levanta con una estructura de ocho arcos de circunferencia de 9,45 m de radio y otros ocho arcos de elipse, que correspondería con las intersecciones de los casquetes cilíndricos. Los arcos se elevan hasta alcanzar la cota de la linterna o cupulín que corona la cubrición. Por incapacidad de acceso, se han tomado como válidas las medidas del Proyecto Fin de Grado llevado a cabo en la Escuela de Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, de Pablo Álvarez Blanco. La linterna tiene igualmente una planta octogonal de 1,90 m de lado y una altura de 3,10 m. Al igual que el tambor, se trata de una estructura de hierro con grandes ventanales acristalados, dos por cara. Sobre ella, se levanta una cúpula bulbosa de 1,90 m y una aguja de 2,90 m, alcanzando una altura total de 7,90 m.

Sistema constructivo y estructural

Nervios

A pesar de que la cúpula no tiene una imagen neogótica que tanto se utilizó en edificios del primer tercio del XIX, sí que su sistema estructural cumple con los principios del gótico, es decir, los nervios son elementos portantes y el relleno entre ellos simplemente sirve de cierre del espacio (Thunnissen [1950] 2012).

La estructura portante la forman dieciséis costillas o nervios de hierro roblonado que nacen de la cornisa del tambor octogonal y convergen en la parte más alta en una linterna también octogonal. De cada vértice del octógono del tambor y de cada punto medio de los lados nace un nervio que se eleva hasta el vértice correspondiente de la linterna, conformando el esqueleto de la cúpula. Los nervios que nacen de los puntos medios de los lados tienen un trazado de arco de círculo, mientras que los de los vértices son arcos de elipse.

Cada uno de estos nervios o meridianos tiende a descender en su parte superior y a deformarse hacia el exterior y abrirse en su parte inferior. Estos esfuerzos a flexión se ven impedidos por las correas que trabajan a compresión allí donde los nervios descienden y a tracción donde los nervios tienden a abrirse. La elección del hierro como material para la construcción de la estructura induce a pensar que, efectivamente, la cúpula está formada por casquetes cilíndricos y no por arcos apuntados como ocurría en la cúpula de Brunelleschi, ya que no es indispensable que no aparezcan esfuerzos de tracción, puesto que el hierro, a diferencia de la piedra, sí que es capaz de soportarlos.

Los cuchillos arrancan de la cornisa del tambor, que ejerce la función de viga durmiente, y reparte la carga entre los grandes machones situados en los vértices del octógono y las pilastras intermedias. Éstos, a su vez, transmiten la carga a los arcos fajones de medio punto que, por su parte, lo transmiten a los muros perimetrales de fábrica de ladrillo.

Siguiendo un esquema muy similar al explicado por Rovira y Rabassa en su tratado «El hierro. Cortes y enlaces» (Rovira 1900) para la cúpula du Val-de-Grâce, los cuchillos curvilíneos que forman los nervios de la cúpula son vigas de palastro compuestas de alma y cuatro cantoneras, dos superiores y dos inferiores que forman las alas de la doble T. El alma es un palastro de 30 cm de canto. Aunque se desconoce el proceso de fabricación, que se hizo en hornos belgas, el alma es una pieza continua desde el arranque hasta su fin que está curvada en caliente, y todo indica que la puesta en obra de los nervios se realizó con las piezas enteras.

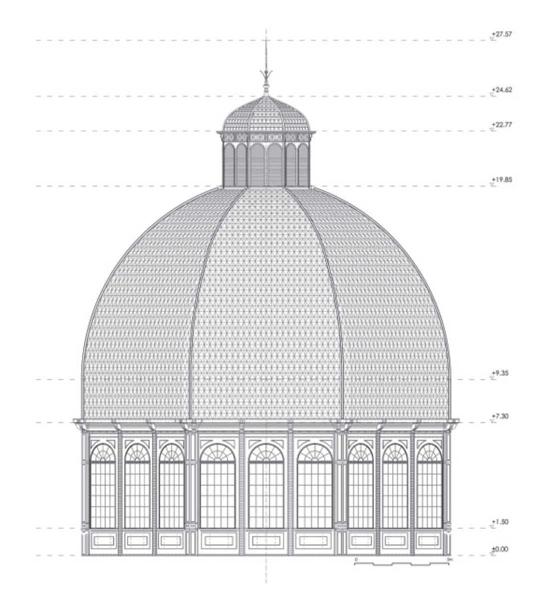


Figura 8
Alzado general de la cúpula (Dibujo de los autores)

Por su parte, las alas, una doble pletina de 10 cm de ancho, se unen al alma mediante unos perfiles en L roblonados cada 10 cm. Aproximadamente a unos 60 cm por encima de la penúltima correa se interrumpe una de las pletinas, quedando en el tramo superior del nervio un ala simple, que además tampoco va roblonada.

Correas

Los nervios están unidos entre sí por 6 correas. Estos anillos distribuyen las fuerzas tangenciales de manera uniforme y transmiten el peso de la cubierta, formada por tablero de madera sobre el que se colocan unas láminas de cinc sobre rastreles, a los nervios. Las cuatro correas más bajas son perfiles laminados en C, de dimensiones 14 × 5 cm, con las alas colocadas hacia abajo. Sin embargo, las dos más altas son perfiles cuadrados de 5 cm de lado. El encuentro de los anillos en «C» con los nervios se refuerza con una pletina de 55 cm de longitud unida al alma, mientras que la unión de los anillos tubulares se realiza con unas L auxiliares de 5 × 5 cm.

Corona y linterna

Los nervios se reciben en la parte superior de la cúpula por una corona o anillo, en este caso de planta octogonal, que enlaza con ellos y los une, formando así un sólido conjunto. Según explica Rovira y Rabassa, ese enlace es el más importante de todos los que forman parte del sistema.

El anillo tiene una luz igual al del paralelo en el que se sitúan, en este caso 4,05 m. La corona se compone de un perfil en doble «C», de 35 cm de altura, con las alas colocadas hacia el exterior. La «C» exterior es la que recibe a los cuchillos que conforman los nervios quedando apoyada el ala inferior del nervio sobre el ala inferior de la corona, y reforzando la unión mediante unas L. Todos los enlaces son roblonados.

La «C» interior sirve de apoyo en su ala superior a un palastro que se prolonga 62,5 cm por encima del alma, y sirve de apoyo a la linterna o cupulín que remata la cúpula, así como de pasarela de mantenimiento a la que originalmente se accedía por una escalera de pates construida en el exterior de la cúpula, pero que debido a su mal estado de conservación, fue eliminada durante las obras de rehabilitación de 2008. Esta pasarela, que se encuentra en voladizo sobre la corona, se ve reforzada por unas cartelas que reparten la carga del vuelo hasta los 16 nervios de la cúpula.

La linterna repite en cierto modo el esquema de la cúpula. Se trata de un prisma acristalado de planta octogonal con una estructura formada por pilastras en los vértices del octógono de 11 cm de espesor.

Se cubre con una pequeña cúpula bulbosa de 3,95m de diámetro y una altura desde su arranque de 1,55m. Su estructura la forman ocho nervios en T, formado por dos L unidas entre sí mediante roblones, que se juntan en la clave. Según el proyecto de rehabilitación de la cúpula de Jose María del Monte, esta pieza es un prisma de planta octogonal, de 13 cm de lado y 19 cm de altura, que recibe a los nervios mediante L roblonadas.

Conclusiones

Tras la primera suposición hecha de la geometría de la cúpula en los trabajos anteriores a este, a través del programa Photomodeler, se ha comprobado que se trata de una cúpula de planta octogonal peraltada formada por ocho gajos cilíndricos.

La geometría obtenida en el levantamiento revela que se construyó de una forma modulada e industrializada. A pesar de que la composición formal no responde a un lenguaje neogótico, sí que lo hace el comportamiento estructural ya que los nervios son elementos portantes y el relleno entre ellos sirve para cerrar el espacio.

La estructura portante la forman dieciséis costillas o nervios de hierro roblonado que nacen de la cornisa del tambor octogonal y convergen en la parte más alta en una linterna también octogonal. De cada vértice del octógono del tambor y de cada punto medio de los lados nace un nervio que se eleva hasta el vértice correspondiente de la linterna, conformando el esqueleto de la cúpula. Los nervios que nacen de los puntos medios de los lados tienen un trazado de arco de círculo, mientras que los de los vértices son arcos de elipse.

Los cuchillos curvilíneos que forman los nervios de la cúpula son vigas de palastro compuestas de alma y cuatro cantoneras, dos superiores y dos inferiores que

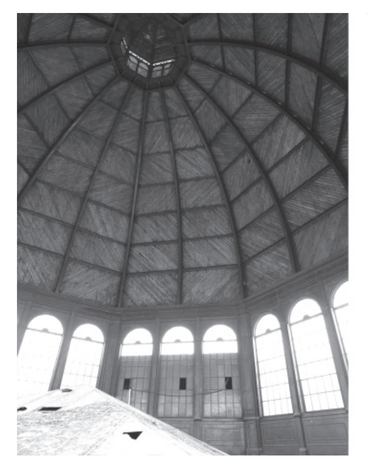
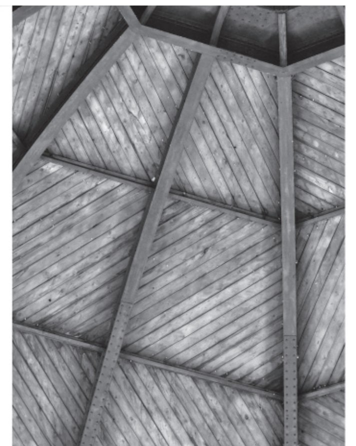




Figura 9
(a) Imagen de los nervios de la cúpula y detalles (b) de la transición del nervio con ala doble a ala simple y (c) del encuentro de un nervio y correa en «C» (Fotografías de los autores)

forman las alas de la doble T. El alma es un palastro. Aunque se desconoce el proceso de fabricación, que se hizo en hornos belgas, el alma es una pieza continua desde el arranque hasta su fin que está curvada en caliente, y todo indica que la puesta en obra de los nervios se realizó con las piezas enteras.

Los nervios están unidos entre sí por 6 correas, que son de dos tipos, laminadas en «C» las cuatro inferiores y de sección tubular las dos superiores.

Los nervios se reciben en la parte superior de la cúpula por una corona o anillo, que se compone de un perfil en doble «C», de 35 cm de altura, con las alas colocadas hacia el exterior. La «C» exterior es la que recibe a los cuchillos que conforman los nervios quedando apoyada el ala inferior del nervio sobre el ala inferior de la corona, y reforzando la unión mediante unas L. La «C» interior sirve de apoyo en su ala superior a un palastro que se prolonga 62,5 cm por encima del alma, y sirve de apoyo a la linterna o cupulín que remata la cúpula, así como de pasarela de mantenimiento a la que originalmente se accedía por una escalera de pates construida en el exterior de la cúpula, pero que debido a su mal estado de conservación, fue eliminada durante las obras de rehabilitación de 2008. Esta pasarela, que se encuentra en voladizo sobre la corona, se ve reforzada por unas cartelas que reparten la carga del vuelo hasta los 16 nervios de la cúpula.

La linterna es un prisma acristalado de planta octogonal que se cubre con una cúpula bulbosa formada por nervios en T.

El conjunto, desconocido para la mayoría de los usuarios del edificio, resulta una cúpula única en Madrid, que supone un claro ejemplo de la Arquitectura del Hierro en el siglo XIX, lo que justifica por sí solo el interés de este trabajo.



Figura 10
Detalle del encuentro de los nervios con la corona (Fotografía de los autores)

Notas

1. Sin embargo, sí podría haberse parecido a la cúpula del proyecto de 1862 para un palacio de exposiciones de Peck, cuya cubierta se veía rematada por una cúpula apuntada (Martínez de Velasco 1881). Y podría tener cierta similitud con la cúpula del Palacio de Cristal del Retiro, pero ésta es de planta cuadrada con los plementos de vidrio (Gutiérrez 2003)

Lista de referencias

Addis, Bill. 2007. *Building: 3000 years of design engineering and construction*. Londres: Phaidon.

Gutiérrez, J. et. al. 2003. *Guía de Arquitectura de Madrid*. Vol 1: 35B. Madrid: Fundación COAM.

Domínguez, Carlos. 1984. *Trece puentes metálicos en 17km*. Revista Vía Libre.

García del Monte, Jose María y A. Montiel Jiménez (2007). *Proyecto de rehabilitación de la cúpula de la ETSIIM*.

Gómez-Morán, Mario. 1985. Arquitectura del siglo XIX. *Historia de la Arquitectura Española*. Tomo 5. Barcelona: Planeta.

Gutiérrez Burón, Jesús. 1992. *Exposiciones nacionales de Bellas Artes*. Madrid: Historia 16.

Martínez de Velasco, Eusebio. 1881. *Ilustración Americana y Española*, XXVI: 19-24.

Martínez de Velasco, Eusebio. 1887. *Ilustración Americana y Española*, XIX: 321-325.

Morganti, Renato; A. Tosone; S. Balassone y D. Di Donato. 2012. From the rib to the cable: tradition, modernity and the contemporary in the domes to metal structure in Italy. *Acta del International Congress Domes in the World*. Florencia: Nardini Editore.

Muro García-Villalba, Fuensanta y P. Rivas Quinzaños. 1987. Estudio histórico. En el *Proyecto de rehabilitación del Museo CCNN*, de Alau,J. y Lopera, A.

Navascués, Pedro. 1973. *Arquitectura y arquitectos madrileños del siglo XIX*. Madrid: Instituto de Estudios Madrileños. CSIC.

Navascués, Pedro. 1980. *Las Estaciones y la arquitectura del Hierro en Madrid*. Madrid: COAM.

Oslet, Gustave. 1886. *Traité de Charpenter en Fer*. París: Fanchon et Artus.

Torriente, Fernando de la y M. F. Quintana.1871. *Idea General sobre el plano de reformas Madrid Futuro*. Madrid: C. Moro.

Rovira i Rabassa, Antonio. 1900. *El hierro: cortes y enlaces*. Vol1: 270; vol 2: lámina 31.

Thunnissen, Henri. [1950] 2012. *Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura*. Editado por S. Huerta y R. García. Madrid: Instituto Juan de Herrera. ETSAM.

Estructura y equilibrio del Cimborrio de la Catedral de Valencia

Verónica Llopis Pulido
Adolfo Alonso-Durá
Arturo Martínez Boquera
Luis de Mazarredo Aznar

El Cimborrio de la Catedral de Valencia ha suscitado gran admiración desde su construcción hasta nuestros días, se trata de una pieza de gran interés no sólo por su belleza y singularidad sino por su construcción y estructura (Alonso 2013). Se sitúa sobre el crucero del Templo, con gran ligereza, esbeltez y transparencia que contrasta con la obra que se extiende a sus pies y que ha captado la atención de todos aquellos maestros que han centrado su vista en él (Teixidor 1767) (figura 1).

El matemático valenciano Tomas Vicente Tosca lo utiliza como ejemplo en sus Tratados para la explicación en su proposición XIII «Formar una boveda con arcos cruzeros sobre cualquiera poligono, del quadrado arriba, que se mantenga con su propio peso, sin mas estrivos». El matemático lo considera como un ejemplo de innovación que queda plasmado en sus palabras cuando dice «...por ser tan ingeniosas... », es evidente que siente gran admiración e interés por un sistema constructivo desconocido hasta el momento (Tosca 2000).

El Cimborio se apoya sobre cuatro arcos torales apuntados, pero en los que en la actualidad sólo es posible apreciar los trasdosados neoclásicos que se realizaron durante el periodo academicista. En esta actuación se revistieron los arcos con estuco blanco y decoración en dorado y los pilares con basas de piedra natural de color negro, marrón y blanco, siendo el fuste de estuco blanco en tono rosa marmóreo en su parte central. En el arranque de estos pilares nace un prisma de planta octogonal de lado 6,18 m y con 19,20 m de altura, este cambio de geometría se resuelve por medio de cuatro trompas cónicas a partir de nervios rebajados. El volumen se configura con dos niveles superpuestos semejantes, siendo el primer nivel de menor altura, esta diferencia de proporciones en altura sugiere la posibilidad de que los niveles se realizaran en dos etapas diferentes. Los cerramientos están formados por amplios ventanales con seis entremaineles de columnas con arcos lobulados y tracería de geometría compleja que ocupan todo el ancho del lado. Esta decoración se repite alternando los alzados, en el cuerpo superior se mantiene el mismo esquema pero con diferencias muy sutiles, una de ellas es el giro aplicado a la tracería sin variar su geometría, en este nivel las columnas son rematadas con gabletes. La cubierta está resuelta con un caso muy particular de bóveda con plementería de ladrillo según hiladas horizontales y ascendentes de rampante inclinado. Ocho nervios de sillería apoyan sobre segmentos de arcos ojivales que arrancan a la altura de la cornisa del primer cuerpo, en planta se corresponde con las diagonales definidas por el octógono que convergen en el anillo de la clave central (figura 2).

Como se ha comentado estas características de esbeltez, ligereza y ausencia de estribos han convertido al Cimborrio en una obra admirada pero también han provocado la necesidad de continuas y constantes intervenciones. De todas estas actuaciones las más relevantes han sido las de atado por previsión de un posible colapso y las de recalce de las pilastras sobre los que se apoya.

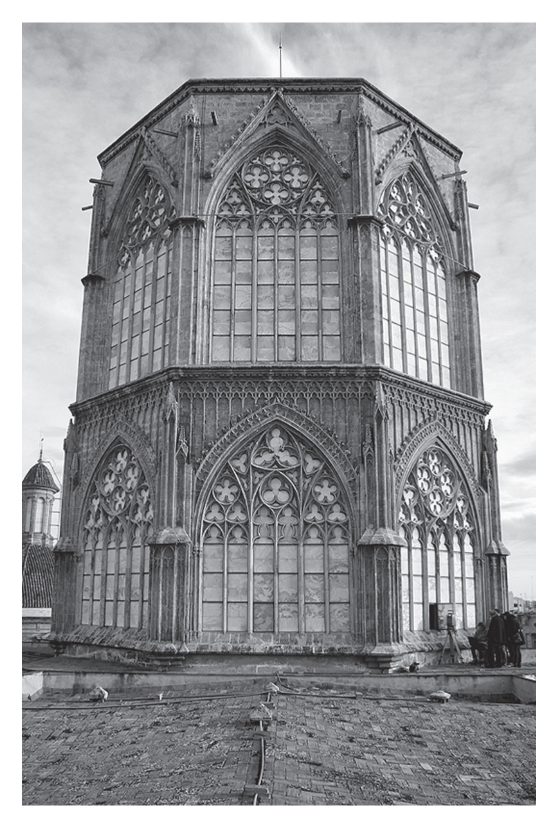


Figura 1
Vista exterior del Cimborrio de la Catedral de Valencia (Alonso 2013)



Figura 2
Vista interior del Cimborrio de la Catedral de Valencia (Alonso 2013)

La primera intervención (1660) consistió en la sustitución del pilar situado entre la nave del evangelio y el crucero que presentaba grietas, para proceder a su sustitución y garantizar una correcta transmisión de cargas al terreno se apearon los arcos torales (obra que sería un precedente para la realizada en la Catedral de Milán trescientos años después).

En la segunda intervención (1774) se sustituye el pilar de la epístola, además de recrecer la sección resistente por medio de un prisma de piedra adosado a los pilares góticos que posteriormente sería forrado con el acabado neoclásico.

La tercera actuación (1976) tuvo varias intervenciones, la más importante se centra en la cimentación de los dos pilares anteriores, el del evangelio y de la epístola, dónde se habían observado asientos. Se realizó un recalce y se construyeron unas vigas de hormigón armado a modo de acodalamiento en cimentación, estas vigas actuaron como apoyo para los muros de fábrica que se construyeron para apear los arcos torales. Además se eliminó el zuncho de hierro colocado en 1919 a la altura del segundo cuerpo por miedo a un posible colapso y se sustituyó por un tirante de acero circular de diámetro 30 mm. Se realizó un zunchado en tres niveles: el primero a la altura de las trompas, con una viga de acero anclada al cerramiento por medio de pernos, además en este mismo nivel, por miedo a que los estribos fueran insuficientes, se ciegan los pasos que permitían el recorrido de la balconada por medio de costillas de hormigón armado. El siguiente zuncho de acero se realizó a la altura del segundo cuerpo, finalmente el tercer nivel de zunchado consistió en el remate de los muros de coronación de los cerramientos y del óculo con dos zunchos de hormigón armado perimetrales. Estos dos anillos se unen por medio de nervios que apoyan sobre las costillas de fábrica de ladrillo que arrancan desde los nervios de piedra. Finalmente todo el conjunto se reforzó por medio de una losa de hormigón armado en el trasdós de las bóvedas (figura 3).

Levantamiento por Escáner Láser

El estudio más antiguo conocido sobre el Cimborrio de la Catedral de Valencia es el elaborado por Tomas Vicente Tosca en 1757, recogido en el Tratado XV. En este estudio realiza una descripción geométrica de su fábrica y lo utiliza como ejemplo para tratar la bóveda de arcos cruceros sin necesidad de estribos.



Figura 3
Interpretación constructiva de la cubierta del Cimborrio (Llopis 2014)

Se ha elaborado un levantamiento geométrico a partir del escáner láser para conocer la geometría exacta ya que es determinante en el análisis estructural, además de conocer el estado actual en relación a sus desplomes y desniveles.

Debido a la complejidad en la importación de los datos obtenidos se ha elaborado ad hoc el programa Escuadra (Alonso 2012) permitiendo la visualización así como el manejo de la nube de puntos. Lo más relevante de este programa es que permite convertir estos puntos de coordenadas x, y, z en puntos reconocibles por cad. El proceso para la generación de planos consiste en trazar a partir de los puntos exportados a cad, las líneas que configuran las secciones, alzados y plantas del Cimborrio. Finalmente se genera un volumen completo a partir de planos, el conjunto queda formado por un total de 16 alzados (8 interiores y 8 exteriores), 11 secciones transversales y 8 secciones longitudinales. La finalidad de este 3D es poder proyectar según el plano deseado las líneas que están en un segundo plano, de forma que se mantenga la fidelidad geométrica en todo el proceso de elaboración de los planos (figura 4).

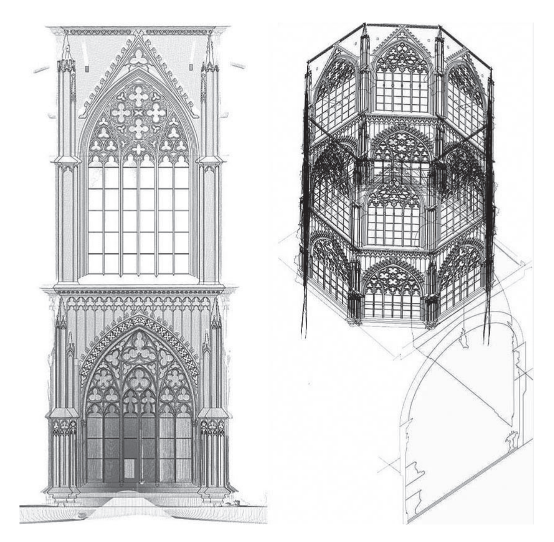


Figura 4
Nube de puntos. (a) Detalle de un alzado; (B) 3D generado a partir del conjunto de alzados (Llopis 2014)

A partir del trazado obtenido de la nube de puntos ha sido posible contrastar los resultados con la geometría elaborada por Tosca. La imagen central se corresponde con el octógono a la altura del arranque de las bóvedas (26,28 m de altura), donde nace el segundo cuerpo. En proyección el trazado real del nervio, a la izquierda el trazado obtenido con la nube de puntos y a la derecha el elaborado por Tosca, como se observa en la realidad el arranque se sitúa a sesenta centímetros por encima de la cornisa, es por ello que su centro se encuentra en un punto superior al trazado por Tosca (figura 5).

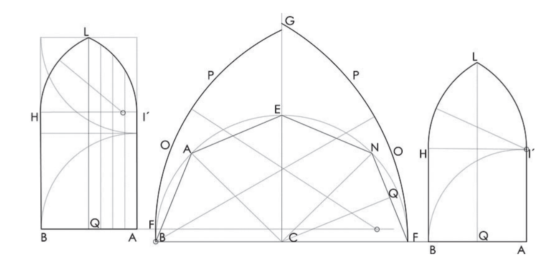


Figura 5
Geometría alzado segundo cuerpo. (a) Trazado a partir del Escáner láser; (b) Trazado de Tosca (Llopis 2014)

En la geometría obtenida de la nube de puntos (imagen izquierda) el cuadrado es la unidad principal que la proporciona, en este caso el cuadrado se dobla, es decir la altura QL es el doble del lado BA, los centros de los arcos se sitúan aproximadamente a 1/8 de HI´.

Junto con el estudio de la nube de puntos se han podido establecer los valores de descensos máximos, éstos se localizan en torno a 16,14 cm y 15,30 cm, concentrándose en la mitad sur del Cimborrio, en concreto en los pilares que han manifestado problemas graves (pilar del evangelio y pilar de la epístola). Estos valores han sido contrastados y confirmados con los medidos en el recalce de la cimentación durante la intervención de 1976, todos estos resultados indican claramente un eje de giro según este-oeste como se puede observar en la figura 6. Se ha obtenido un valor de desplome de 24 cm, además de comprobar la falta de horizontalidad en la cornisa del primer cuerpo y en el remate superior del volumen.

Para completar el estudio geométrico se ha realizado un levantamiento preciso de las bóvedas con un total de 42 secciones verticales paralelas cada 30 cm. Se ha comprobado que la sección del nervio no es constante en su trayectoria, con 39 cm de canto en el arranque y 22 cm en el encuentro con la clave (figura 7). Se ha elaborado la comparativa entre la bóveda real y las bóveda de trazado completo con el arranque habitual, como se puede observar el trazado de la bóveda real queda interrumpido.

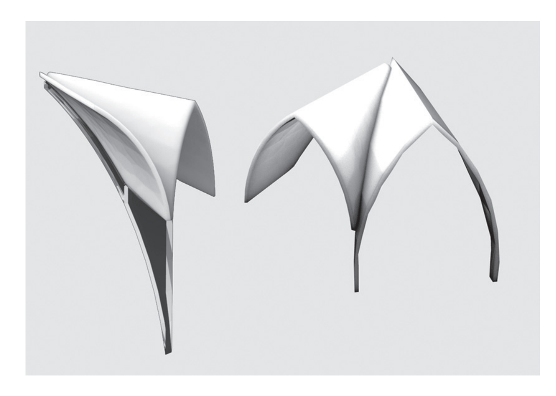


Figura 7
Geometría de las bóvedas. (a) geometría bóveda y nervio; (b) geometría comparada de la bóveda real y bóveda de trazado completo (Llopis 2014)

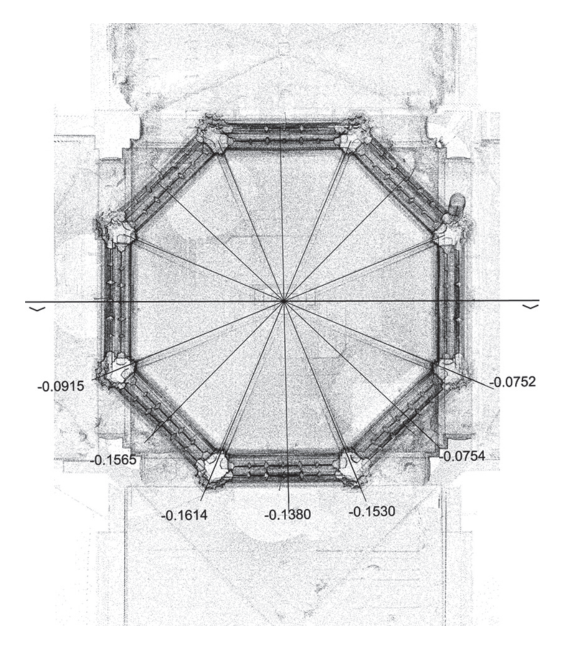


Figura 6
Valores de los descensos (Llopis 2014)

Geometría y Estructura

Como se ha comentado Tosca utiliza como ejemplo el Cimborrio de la Catedral de Valencia para la explicación en su proposición XIII. En este documento explica su funcionamiento estructural, Tosca enfatiza el hecho de que con el propio espesor del cerramiento es suficiente para resistir el empuje de la bóveda:

> Solo puede aver dificultad, en que, al parecer, los arcos diagonales, que son los que como nervios sustentan las bovedas sobredichas, necesitaràn de grandes estrivos; siendo asi, que tienen muy pocos en la sobredicha fabrica: Pero digo, que por el mismo caso que estos arcos sustentan las bovedas, no necesitan si de muy pocos estrivos, y en eso està lo mas primoroso del arte con que se mantienen semejantes obras: el qual consiste en aquel maravilloso enlaze, con que los cruzeros, ò arcos diagonales sustentan las bovedas hechas en sus vacios, y estas mantienen los sobredichos arcos, y juntamente à sì misma con sus reciprocos, y encontrados empujos. (Tosca 2000, 228).

Los antiguos maestros utilizaban reglas geométricas para el dimensionado de las estructuras de fábri-



Figura 8
Aplicación de reglas geométricas a los arcos diagonales del Cimborrio. (a) Regla de Blondel; (b) Regla del manuscrito de Hernán Ruiz (Llopis 2014)

ca. La regla más citada para establecer el espesor de los estribos para cualquier arco (regla de Blondel) consiste en la división del intradós del arco en tres partes iguales, uniendo una de ellas con el arranque y prolongándola con un segmento de igual longitud, el extremo será el que dé el borde exterior del estribo, estableciendo así el ancho necesario. Como se observa en la Figura 8 trazando esta regla en la sección por los arcos diagonales del Cimborrio observamos que el espesor del estribo obtenido es superior al realmente ejecutado. Se han aplicado otras reglas como la que aparece en el manuscrito de Hernán Ruiz (Huerta 2004), que consiste en dividir la línea del trasdós del arco en dos partes iguales, en el punto intermedio se traza una tangente a la línea de trasdós, el punto de intersección de dicha tangente con la línea horizontal de arranque de arco nos dará el espesor del estribo necesario, efectivamente en ambos casos el espesor del estribo según las dos reglas aplicadas es superior al realmente construido.

Cálculo estructural, análisis límite

Se ha elaborado un estudio estructural de análisis límite por medio de estática gráfica 3D que permite evaluar la estabilidad del Cimborrio, dando una explicación al porque de su esbeltez (O' Dwyer 1999; Ochsendorf 2002). Pocos son los estudios realizados para la evaluación de su estabilidad (Soler 1995; García 2012), Tosca recoge en su tratado no sólo la descripción geométrica de su fábrica sino que también analiza su comportamiento estructural. Este estudio finaliza con la justificación de su estabilidad en una correcta distribución de sus fuerzas, transmite una especial sensibilidad en sus palabras ensalzando el ingenio del maestro de obra con la afirmación siguiente:

> Con esto, y el suficiente peso que se le ha dado à la clave, se sustenta dicha fabrica sin mas estrivos, no sin grande admiracion de los que atentamente la consideran. Qual haya de ser la proporcion del peso de los tercios con el de la clave, pende de la experiencia, y del juìcio del sabio, y prudente Maestro (Tosca 1757, 230).

En este análisis se ha utilizado el programa de cálculo Bóvedas 3D (Alonso 2002), se ha elaborado un modelo 3D a partir de la geometría obtenida por el escaneado láser en la que además se han incluido los desplomes reales. El modelo analizado reproduce un octavo del Cimborrio (en su estado actual), se ha in-

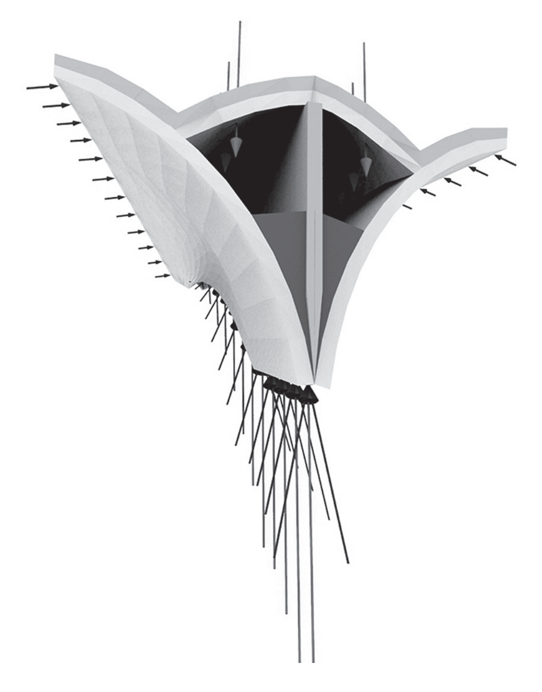


Figura 9
Estática gráfica bóvedas (Llopis 2014)

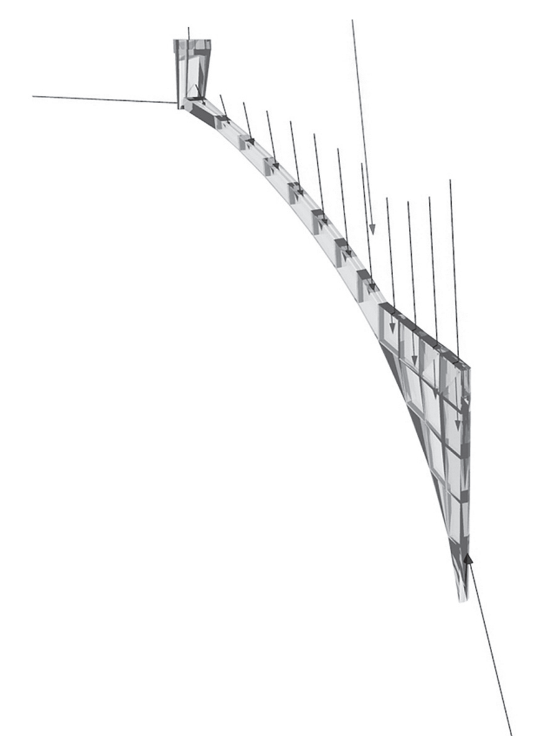


Figura 10
Empuje en el arranque del nervio (Llopis 2014)

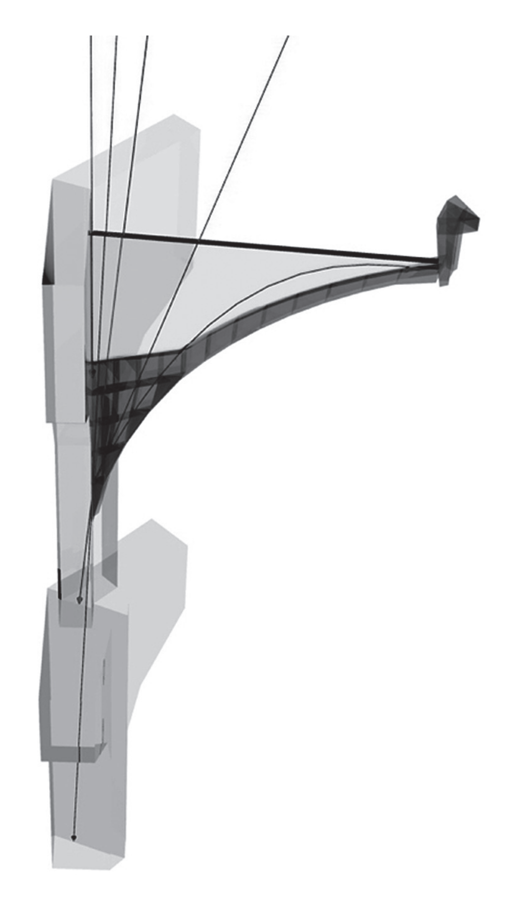


Figura 11
Empuje total en la base de la pilastra (Llopis 2014)

cluido en la evaluación de los pesos los correspondientes a las actuaciones estructurales ejecutadas en la intervención de 1976. Por tanto se introduce la losa de hormigón armado sobre las bóvedas, el zuncho de hormigón armado en el perímetro del cerramiento y el anillo de hormigón en el óculo (figura 9, 10,11).

Aplicando la teoría de Análisis Límite (Heyman 1999), la fábrica es considerada como un conjunto de bloques no deformables que no resiste tracciones, sólo compresiones. El rozamiento entre los bloques es tan alto que impide el deslizamiento, además suponemos que las tensiones de trabajo son bajas por lo que no existe fallo por resistencia. Si es posible encontrar una línea de empujes contenida en su interior la estructura es estable, ya que sólo es posible conseguir el equilibrio trabajando en compresiones de esta manera. El grado de seguridad vendrá indicado por el trazado geométrico, dependiendo de la distancia entre la línea y el trasdós o intradós del arco, por lo que el coeficiente de seguridad lo entendemos como un coeficiente de seguridad geométrico. Los materiales considerados para la evaluación de pesos se resumen en la tabla 1:

Se ha elaborado un segundo análisis considerando la pilastra donde se produce el máximo desplome, para comprobar la variación en la posición de la línea de presiones (figura 12). La línea interior se sitúa en el tercio central de la sección en la base del Cimborrio, la línea exterior se corresponde con el pilar donde se produce el máximo descenso, evidentemente el trazado de esta línea queda desplazado hacia fuera, situándose en el límite exterior del tercio central. La posición de la línea se queda a 0,26 cm del límite del tercio central, por el contrario este desplome en el pilar opuesto es favorable al centrar

Material	Elementos	D (T/m3)
Sillería	Muros - nervios	2,2
Relleno sillería	Núcleo de pilares	2,0
Fábrica de ladrillo	Bóveda - tabique	1,8
Relleno bóveda	Riñones de bóvedas	1,5
Hormigón	Refuerzos	2

Tabla 1
Materiales considerados para la evaluación de pesos (elaboración de los autores)

el empuje en el tercio central. Cuanto mayor sea el coeficiente, más cercano estará el empuje del eje del pilar, determinando no tanto la estabilidad del pilar sino la de las bóvedas, ya que con pequeños asientos para el pilar pueden provocar deformaciones y fisuras en las bóvedas. La excentricidad en el caso del empuje sin desplomes es de 0,08 m, por lo tanto obtenemos un coeficiente geométrico de seguridad de 10, obteniendo un coeficiente muy elevado ya que está prácticamente a eje del pilar. En el caso de la reacción total teniendo en cuenta el desplome, obtenemos una excentricidad de 0,32 m, el coeficiente es de 2,65 (figura 13). Los resultados obtenidos demuestran que el Cimborrio presenta un coeficiente de seguridad elevado, lo que garantiza su estabilidad.

Comportamiento estructural de las bóvedas del Cimborrio

Se ha estudiado el comportamiento estructural de las bóvedas del Cimborrio a partir de la geometría obtenida con el escáner láser, para ello se ha elaborado una comparativa entre la mitad de una bóveda de crucería y un octavo de las bóvedas del Cimborrio (figura 14).

Considerando que las dos bóvedas, tanto la bóveda 1 como la bóveda 2 son iguales, los empujes también serán iguales (figura 15). Las flechas en la clave indican el empuje lateral distribuido y la flecha en el encuentro con el pilar es el empuje total horizontal de la bóveda. Si comparamos el caso habitual de bóvedas con desarrollo longitudinal, observamos que esta organización radial reduce los empujes horizontales.

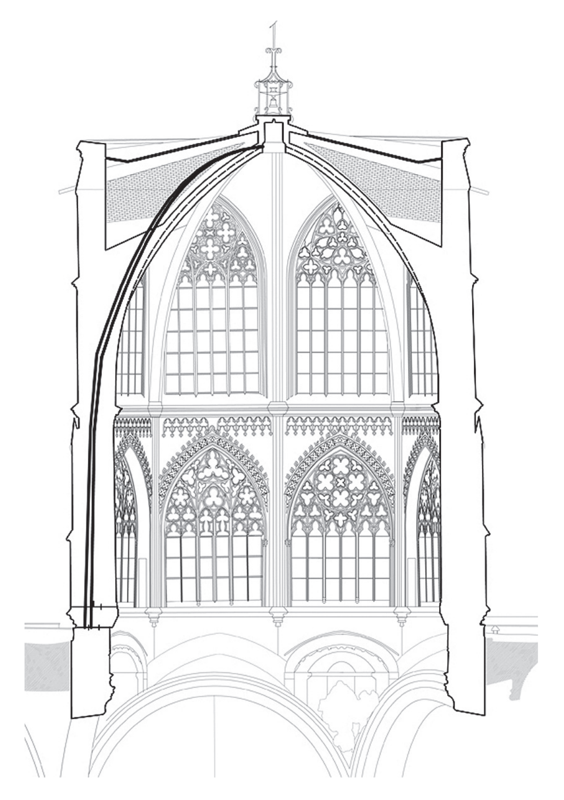


Figura 12
Líneas de Presiones (Llopis 2014)

Si se comparan los dos sistemas, y para las mismas dimensiones de bóveda, el empuje horizontal total sobre los pilares del Cimborrio resulta inferior al empuje en las pilastras en la bóveda de crucería. Las dimensiones de los lados de las bóvedas son las mismas en los dos casos. El empuje total E_T en el caso de la bóveda de crucería es el equivalente a $2E_1$. En las bóvedas del Cimborrio E_T es el doble del coseno del ángulo.

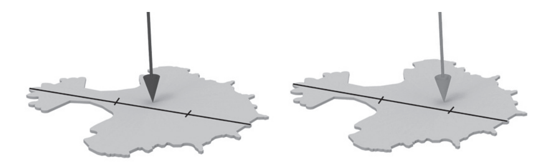


Figura 13
Líneas de Presiones en el arranque de la pilastra, (a) sin desplomes; (b) con desplome (Llopis 2014)

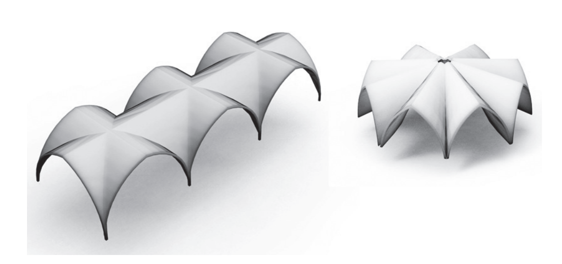


Figura 14
3D Bóvedas. (a) bóveda de crucería; (b) bóveda radial (Llopis 2014)

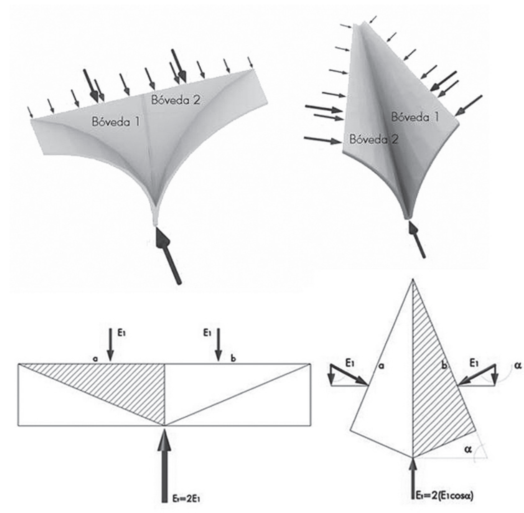


Figura 15
3D bóvedas y Empuje total. (a) bóveda de crucería; (b) bóveda radial (Llopis 2014)

Este ángulo queda definido por la perpendicular a la dirección del nervio y la dirección de la clave de la bóveda. El ángulo formado es de 67.5º, y su coseno es 0,38. Por tanto el empuje E_T en la bóveda del Cimborrio es casi la tercera parte del empuje E_T en una bóveda de crucería tradicional. La disposición de las bóvedas condiciona el comportamiento estructural, reduciendo considerablemente los empujes en los pilares del Cimborrio.

Conclusiones

El estudio elaborado de la geometría de las bóvedas del Cimborro indica que estamos ante una concepción estructural avanzada respecto a su época. La esbeltez de las pilastras unido a la falta de arbotantes o contrafuertes demuestra que los constructores de la época dominaban los conocimientos de equilibrio con maestría y sólo es posible que se atrevieran a construirlo porque sabían que las bóvedas en disposición radial reducían el empuje considerablemente con respecto a las construidas linealmente. Se ha podido demostrar que el empuje horizontal que generan las bóvedas se reducen en torno a casi una tercera parte de las mismas bóvedas pero dispuestas linealmente. Este hecho probablemente era desconocido por Tomás Tosca y por otros comentaristas que han disertado sobre las razones que justifican este equilibrio, pero en ningún caso se ha tenido en cuenta como justificación principal esta disposición.

A partir del escáner láser se han podido cuantificar los desplomes y los descensos reales y se ha demostrado que coinciden con los obtenidos directamente sobre los planos de recalce de la cimentación en la intervención de 1976. Además se ha podido realizar una comparativa entre el trazado elaborado por Tosca, permitiendo obtener diferencias al disponer de una geometría precisa que permite mostrar la geometría razonada. Las diferencias observadas radican en la posición de los centros para el trazado de las curvas, así como la obtención de la forma principal que configura la geometría, el cuadrado.

El estudio de Análisis Límite por Estática gráfica demuestra que la línea de presiones se sitúa en el tercio central de la sección de las pilastras y que por tanto el Cimborrio es estable frente a cargas gravitatorias. Además los desplomes medidos reducen el coeficiente de seguridad pero no suponen riesgo para la estabilidad. Como conclusión se puede afirmar que los desplomes y los descensos medidos no se deben a los empujes de las bóvedas sino que son consecuencia de los asientos que ha sufrido el terreno.

Se han enumerado todas las intervenciones que ha sufrido el Cimborrio a lo largo de su historia, y de todas podemos concluir que la justificación principal ha sido la de atado por previsión de un posible colapso, como consecuencia del empuje de las bóvedas. Después del análisis efectuado se ha demostrado que los empujes son absorbidos por las pilastras y que por tanto la disposición de los perfiles perimetrales

en los tres niveles no son necesarios. Además en relación al macizado efectuado en los huecos del primer cuerpo tampoco sería necesario frente a cargas gravitatorias. Los descensos que se han producido o bien se deben a la superación de la tensión admisible del terreno o a una cimentación insuficiente, en cualquier caso el recalce en forma de U efectuado por medio de las tres vigas de hormigón en la cimentación de los pilares aumenta la superficie de apoyo con lo que resulta favorable.

Lista de referencias

Alonso-Durá, A. 2002. *Bóvedas 3D.* Software de Análisis de Estática Gráfica en 3 dimensiones, Valencia.

Alonso-Durá, A. 2012. *Escuadra*. Software de procesado de nube de puntos, Valencia.

Alonso-Durá, A Martínez, A., Llopis, V. y Moreno, J. 2013. «Construction and Structural Analysis of the Dome of the Cathedral of Valencia». *Proceedings of the 8th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures,* FraMCoS 2013, 698-704.

Garcia Ares, J. y Gil Crespo, I. 2012. «The Ciborium or Lantern Tower of Valencia Cathedral: Geometry, En *Nuts & Bolts of Construction History,* vol. 1, 341-349.París

Heyman, J. 1999. *El Esqueleto de Piedra: Mecánica de la Arquitectura de Fábrica*, Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEDEX, CEHOPU,

Huerta, S. 2004. *Arcos, Bóvedas y Cúpulas: Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*, Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ochsendorf JA. 2002. *Collapse of masonry structures*, Ph.D. thesis, Department of Engineering, Cambridge University, Cambridge.

O'Dwyer, D. 1999. «Funicular Analysis of Masonry Vaults». *Computers and Structures.* 73: 1-5.

Soler Verdú, R. 1995. *La Cúpula en la Arquitectura Moderna Valenciana, Siglos XVI a XVIII, Metodologías de estudios previos para las arquitecturas de sistemas abovedados*. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.

Teixidor, J. 1767. *Monumentos históricos de Valencia y su Reino*. Libro Segundo, Capítulo III, I, 227

Tosca, T. 1757. *Tratado de la Montea y Cantería*. Libro IV: 230, Valencia.

Tosca, T. 2000. *Compendio mathematico*. Universidad Politécnica de Valencia. ICARO. ed. Valencia: UPV.

Las figuras oblongas y la forma de herradura en los ingenieros militares. El Fuerte de San Jorge de Alfama (1724-1792)

Josep Lluis i Ginovart
Agustí Costa i Jover
Sergio Coll Pla
Mónica López Piquer

La disposición en forma de herradura de caballo aparecerá en los *Principios de Fortificación* (1772) de Pedro de Lucuze (1692-1779). La define como la tipología más común que se da a las baterías destacadas de una Plaza en la orilla del mar, o río navegable. La curvatura del bastión facilita dirigir los tiros de cañón hacia cualquier parte. En la gola o boca de la herradura se coloca la entrada del recinto, formando un pequeño frente fortificado para defender por flancos la puerta, la cual está situada en medio de la cortina, protegida por un pequeño foso (Lucuze 1772, 96-97, fig.53).

La forma de la curva de la plataforma de la fortificación no queda definida formalmente en el texto de Lucuze. En algunos de los proyectos de los ingenieros militares, la representación gráfica de la forma curvada se hace simplemente mediante un arco de circunferencia que ni si quiera es tangente al flanco. El origen de la tipología está en la obra de Albert Dürer (1471-1528), *Etliche underricht zu befestigung der Stett, Schlosz, und flecken* (1527), en las llamadas, *Geschützrondellen*, las rotondas con artillería, y el *Pastey*, termino de bastión. Para entender la tipología defensiva de la herradura, la referencia obligada es la *Creación de la plataforma de defensa pirobalísta*. (Dürer 1527, Cap 5).

De aquí que las figuras de la elipse y el óvalo se pueden entender como una figura oblonga, *quare rota parespemenos*, como la forma en perspectiva de una rueda de carro, definida en la *pseudo Óptica* de Euclides (Euclides 1883, 81, Prop. XXXVI), (Burton 1945, 367). La distorsión óptica de la circunferencia ha conducido a las formas de la *ellipsis y del ovum*, figuras que han abierto grandes debates geométricos (Migliari, 1995, 93-102). Estas curvas son muy dispares en cuanto a sus propiedades y características geométricas, pero muy próximas en cuanto al sentido práctico de su trazado empírico. La degeneración de la circunferencia hacia formas alargadas hace que tanto elipses como óvalos hayan sido, y siguen siendo, muy utilizados en Arquitectura. La jerarquía de dos ejes, uno principal y otro secundario, respecto a los infinitos de la circunferencia, hace que tengan cuantiosas aplicaciones en la construcción de edificios. Estas figuras geométricas han sido utilizadas a gran escala en los replanteos de anfiteatros romanos (Wilson 1993, 391-442) (Rosin; Trucco 2005, 391-442), en las iglesias renacentistas (Rosin, 2001, 58-69), o en los baluartes defensivos de la Ilustración (Lluis i alt 2014a, 587-612). También se han utilizado a pequeña escala, tanto en la construcción de cúpulas (Huerta 2007, 211-248), como en la estereotomía de arcos y bóvedas (López 2011, 569-597).

Objeto de Estudio y metodología

El Fuerte de San Jorge de Alfama fue construido hacia 1724 en la jurisdicción militar de Tortosa, por los ingenieros militares borbónicos. La base de la investigación ha sido el Catálogo Colectivo de las Colecciones de Mapas, Planos y Dibujos de los Archivos

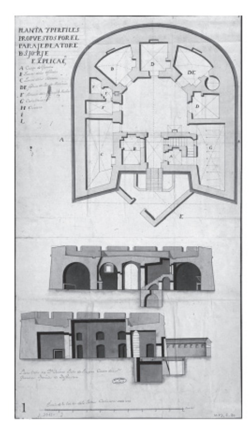
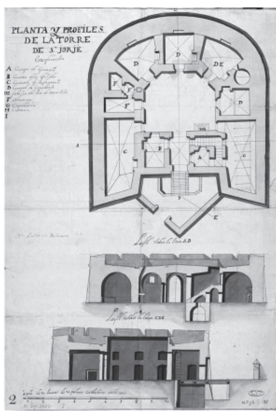



Figura 1
Fuerte San Jorge de Alfama. Vicente Vélez de Vergara (1724); 1.1.) (Doc.1); 1.2, (Doc.2)

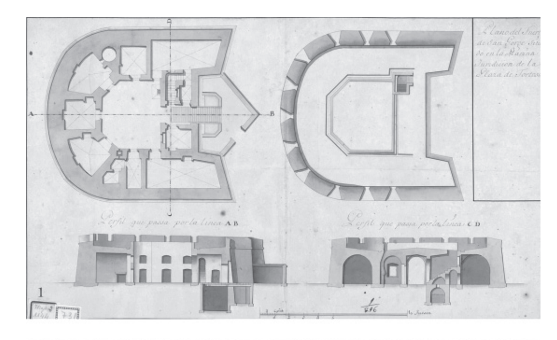
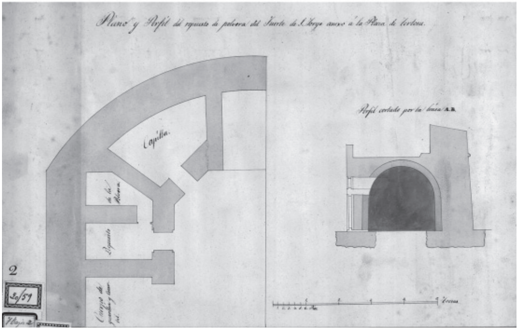
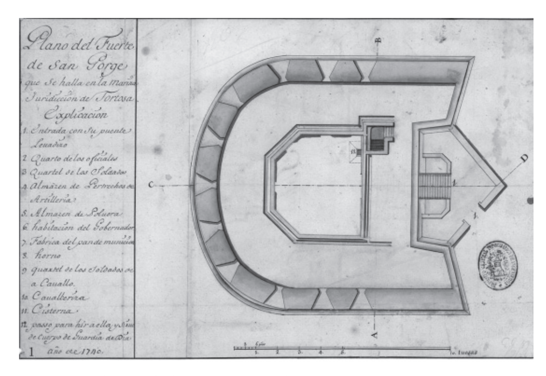



Figura 2
Fuerte Sant Jorge de Alfama; 2.1.) (Doc.3) (1750); 2.2, (Doc.4)

Estatales, de la Colección de Mapas, Planos y Dibujos del Archivo General de Simancas (2014), con referencias [MPD][1] y las remitidas por el Archivo General Militar de Madrid (2014), con referencias [CSHM].

– [MPD, 05, 080]. *Planta y perfiles propuestos por el paraje de la Torre de San Jorge*. Vicente Vélez de Vergara (1724). (Doc.1) (figura. 1.1).
– [MPD, 05, 081]. *Planta y perfiles propuestos por el paraje de la Torre de San Jorge*. Vicente Vélez de Vergara (1724). (Doc. 2) (figura. 1.2).
– [CSHM, 9250]. *Plano del puerto de San Jorge, situado en la marina. Jurisdicción de la plaza de Tortosa*. Referencia dibujo T-34-14 CSHN 9250 (Doc. 3). Tal vez se refiera en la catalogación CSHN 9054. Plano del fuerte destacado de San Jorge de esta plaza– D. Marcos Ferstevés 1750. (Servicio 1981, 2: 29) (figura. 2.1).
– [CSHM 9268]. *Plano y perfil del repuesto de pólvora del Fuerte de San Jorge anexo a la plaza de Tortosa*. (Servicio 1981, 2: 29) G1-37. Referencia dibujo T-18-10 CSHM 926 (Doc. 4) (figura 2.2).
– [CSHM 2356]. Plano del fuerte de San Jorge en la costa del Gobierno de Tortosa. Antonio de López Sopeña. Años 1740 y 1792. A-28-23. Servicio 1981, 1: 65) Dos dibujos; *Plano del fuerte de San Jorge que se halla en la Marina Jurisdicción de Tortosa* (1740), Referencia dibujo T-19-02 CSHM 2356 (Doc. 5) (figura. 3.1).
– *Plano del Fuerte de San Jorge en la costa del gobierno de Tortosa y el último que se enquentra yendo hacia Barcelona*. (1792). Referencia dibujo T-34-15 CSHM 2356 (Doc. 6) (figura. 3.2).
– [CSHM 9250], Plaza de Torosa. Plano y perfil del fuerte de San Jorge en la costa de Gobierno de Tortosa y el último que se encuentra hacia Levante. 1792. G1-19. (Servicio 1981, 2: 29) Dos dibujos. *Plano del Fuerte de San Jorge en la costa del gobierno de Tortosa y el último que se enquentra yendo hacia Barcelona*. Antonio López Sopeña (1792), nivel 1, referencia dibujo, T-19-03-1 CSHM 2356 (Doc. 7) (figura. 4.1). *Plano del Fuerte de San Jorge en la costa del gobierno de Tortosa y el último que se enquentra yendo hacia Barcelona*. Antonio López Sopeña (1792), nivel 2, referencia dibujo T-19-03 CSHM 2950. (Doc. 8) (figura. 4.2).



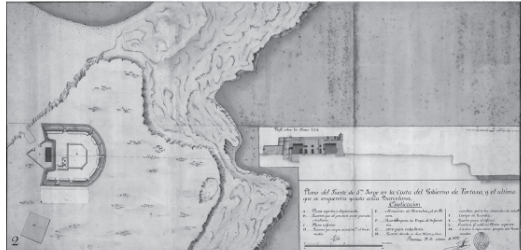
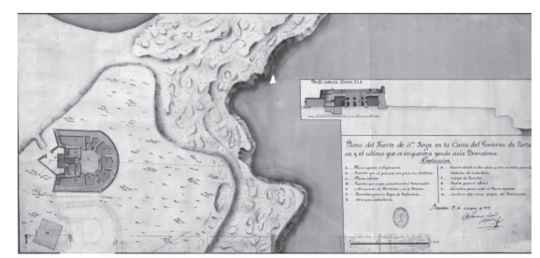


Figura 3
Fuerte de San Jorge de Alfama; 3.1.) (Doc. 5) (1740); 3.2) (Doc. 6) (1792)



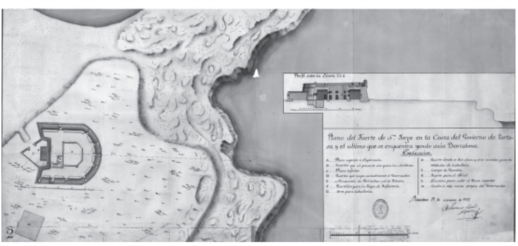


Figura 4
Fuerte de San Jorge de Alfama (1792); 4.1.) (Doc.7); 4.2, (Doc.8)

El estudio de las planimetrías, a través de las improntas de las líneas auxiliares de los proyectos, nos permitirá determinar cómo se construyeron las formas geométricas que utilizaron para el trazado del baluarte. Así, el análisis de las puntas de compás, o las discontinuidades en las tangencias de las líneas de los arcos, nos van a determinar los centros de las circunferencias que utilizaron para el trazado de estas figuras oblongas.

La delineación de los baluartes. Los arcos de circunferencia

La planimetría de referencia dispone como medidas la toesa y la vara. Los ingenieros borbónicos en un principio utilizaron indistintamente, en función del origen de sus linajes, la vara de Burgos decretada por Felipe II el 24 de junio de1568, y la toesa del 4 julio de 1718 Felipe V. Las discrepancias entre algunos de los de ingenieros militares españoles, especialmente entre la Academia donde se utilizaba la vara, y la práctica usual donde se usaba la toesa, obligó a la circular de 14 de Julio 1750. En ella se previno a los Capitanes Generales a que no solo se use la Vara Castellana en la Enseñanza de Matemáticas, sino que también se observe en todo lo perteneciente al Ejército y la Marina, en lugar de la utilización de la toesa. Fernando VII, rectificará la circular con la Real orden del 14 de febrero de 1751, en que se dispuso que en todas las dependencias de guerra se usara la toesa. El debate sobre la unidad de medida utilizada en la enseñanza de la Academia de Matemáticas y en la de su práctica habitual, hace que en 1768 su Director, Juan Martín Zermeño, replantee de nuevo las discrepancias entre la utilización de la Toesa y la Vara Castellana (Lucuze 1773, 3-57). La medida de toesa utilizada, en el territorio de Tortosa es de 194,90 cm, con seis pies de 32,48 cm. La vara castellana de Burgos, cuya medida se fija en 83,59 cm, puede dividirse en cuatro palmos de 20,90 cm y también en 3 pies de 27,86 cm.

Las formas ovaladas ya se construían en el antiguo Egipto (c.1000 aC), utilizando bóvedas en forma de *anse de panier surhaussée* (Choisy 1904, 45-46). Formas similares fueron definidas desde la agrimensura romana por Balbus Mensor (fl.100). En sus textos aparece el *ex pluribus circulis forma sine angulo*, (Blume, et alt. 1848, 91-107), formas ovales que pudieron ser utilizadas en los anfiteatros romanos.[2]

El interés sobre la geometría del Renacimiento, hace que S. Serlio (1475-1554) determine cuatro maneras de trazar el óvalo en su *Il Primo libro d'architettura* (1545) (Serlio 1545, fol.17v-18v). Los métodos de trazado comportan que se dibujen los óvalos a partir del eje mayor, siendo el eje menor consecuencia directa del método utilizado, y por tanto su medida es deducida.

El trazado de la elipse había sido resuelto mediante diferentes métodos en el siglo XVII. Pero los óvalos planteaban aún el problema de cómo construir la figura conociendo sus dos ejes. El problema será resuelto por Fray Vicente Tosca (1651-1723), en el Tomo I de su *Compendio mathematico* (Tosca 1707, 292-295). Tosca construye el óvalo de cuatro centros a partir de la medida dos los dos ejes principales. Así, fijando un primer centro del óvalo sobre los ejes principales, deduce el segundo a partir de la mediatriz de los dos puntos primeros. El método de Tosca plantea soluciones infinitas de óvalos que tienen ejes similares. Posteriormente, el debate de la curvatura llevará al trazado del óvalo de ocho centros. Ch.E.L Camus (1699-1768) lo construye a partir del eje principal con curvaturas de 30º, 15º y 60º, deduciendo así la medida del segundo eje, en el *Elémens de géométrie théorique et pratique* (Camus 1750, 526-536).

La metodología para trazar los proyectos de San Jorge se basa en la utilización de arcos de circunferencia. En algunos casos, estas figuras oblongas se trazan con un solo centro (Doc.4,) (figura 5.3), otras con tres centros (Doc. 3) (figura 5.2), (Doc.6) (figura 5.5), (Doc. 7) y (Doc.8) (figura 5.6). Otras como los (Doc.1) y (Doc.2) (figura 5.1), de 1724 están dispuestas mediante óvalos de Serlio (1545), y también una derivación (Doc.5) del proyecto de 1740 (figura 5.4).

La construcción del Fuerte de San Jorge de Alfama. La elipse

No sabemos exactamente la fecha de construcción del fuerte, pero según la documentación existente ha de ser posterior al proyecto de Vicente Vélez de Vergara del año 1724, con lo que dataremos la construcción de Fuerte de San Jorge en (c.1724). El edificio fue restaurado en 1994. La reconstrucción se hizo tomando como base un levantamiento planimétrico manual del Fuerte de San Jorge de 1984, establecien-

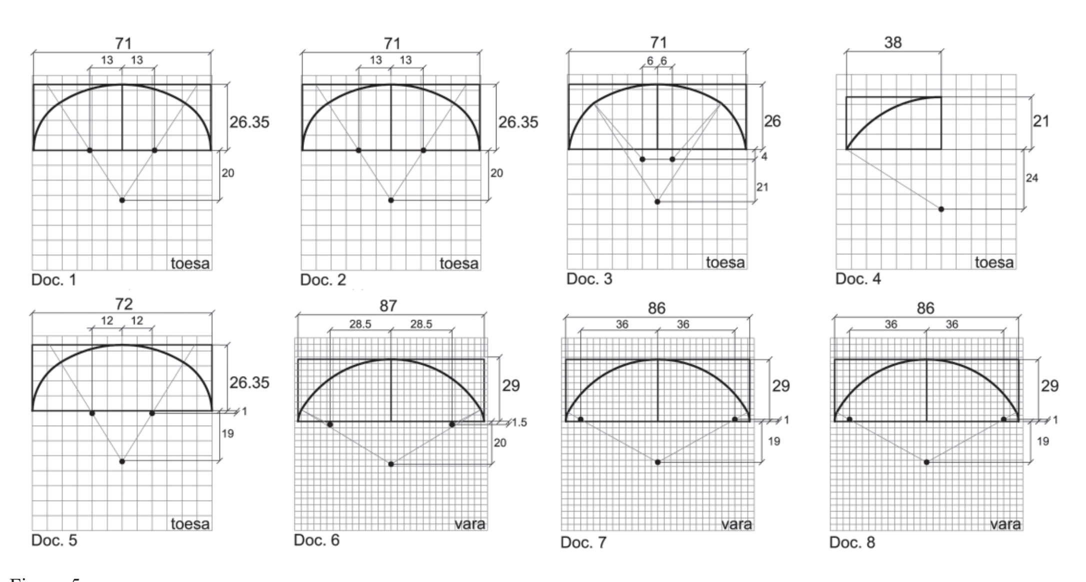
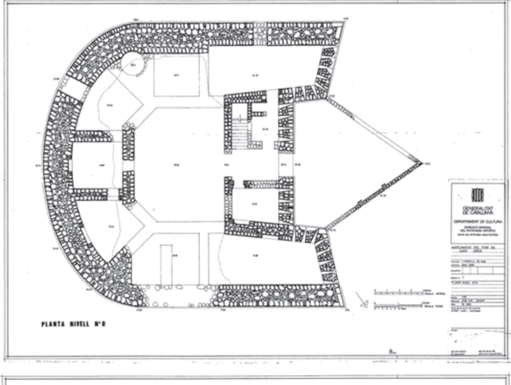


Figura 5
Construcciones geométricas del Fuerte de San Jorge de Alfama. 1) (Doc.1) y (Doc.2), 2) (Doc. 3), 3) (Doc.4), 4) (Doc.5), 5) (Doc.6), 6) (Doc.7) y (Doc.8). Medidas en pies de toesa y pies de vara. (Imagen de los autores)

do un error del 1% (Generalitat 1990, 24)[3] (figura 6). Se observó que la metrología de los muros principales, así como las medidas de ancho y altura de la fortificación, seguían la métrica en toesas, similar a las del proyecto del Fuerte (CSHM, 9250).

Así, las medidas de los ejes principales de la cabecera tenían 23,49 m (12,046 Toesas) y 8,69 m (4,456 Toesas). Con estos planteamientos, se tendió a suponer que la batería estuvo trazada mediante una elipse de ejes principales de 12 y 4,5 Toesas. La conmensurabilidad de la medida provocó una delineación manual del trazado de la batería mediante el método conocido como del jardinero para cuyo menester se construyó un elipsógrafo.

La elipse, ya conocida en el mundo clásico, se había determinado en unos casos como la sección del cono por Arquímedes de Siracusa (c.287-212 BC) en los Conoides y Esferoides (IV-VI) (Arquímedes 1880, 307-318) y por Apollonius de Perga (c.247-205 BC) en el inicio del Libro I (VII-IX) de sus Cónicas (Apolonio 1891, 23-37). Pappus de Alejandría (c.290-c.350), definirá la elipse mediante la sección oblicua de un cilindro de directriz circular, en el libro VIII la *Collection*, (P 13-17) (Pappus, 1878, 1073-1085).



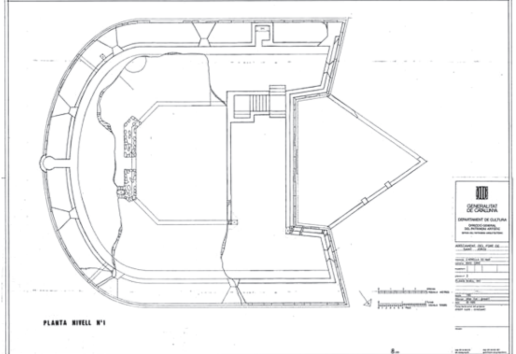


Figura 6
Fuerte San Jorge de Alfama (1984). Josep Lluis i Ginovart

El trazado de la elipse, conociendo sus focos, aparece en el Libro I.1 *De aedificis* (561), de Procope de Cesarea (c.490-565), quien pone de relieve los conocimientos de las propiedades de reflexión de la elipse de Anthemius de Tralles (c.474-c.558), constructor de Santa Sofía (Huxley 1959, 6-19). Pero el método al que tenían acceso los ingenieros militares se basa en la obra *L'architettura* (1567) de Pietro Cataneo (d.1569), donde trazará un óvalo mediante una cuerda, siendo este resultado una elipse (Cataneo 1567, 158). También Ambroise Bachot (f.1587) aborda el trazado de una bóveda elíptica y su replanteo conociendo la luz y la flecha del arco mediante una cuerda en *Le Timon du Capitaine* (Bachot 1587, fig 20-21). Aparecerá otra manera de trazar la elipse, de manera que la diferencia entre medida del eje mayor y menor se vaya situando en sus ejes principales, caso de Abraham Bosse (1602-1676) en le *Traité des pratiques geometrales et perspectives* (Bosse 1665, 63).

La construcción de los bastiones conociendo los ejes principales

Fray Vicente Tosca (1651-1723) publicará en el Tomo I, Tratado III, Libro II de su *Compendio mathematico,* un método del trazado del óvalo a través de la medida de sus ejes principales dentro de la Proposición XV, *De la Geometría Práctica* (Prop. XIV-XVII) (Tosca 1707, 292-295). Volverá a reiterar el método en el Tomo V, dedicado a la arquitectura civil y militar (Libro II, Prop. III), donde propondrá diferentes formas de trazar el arco rebajado (Tosca 1712, 99-104).

Para el trazado de los baluartes en forma de herradura, se puede utilizar el óvalo de Tosca (1707), conociendo sus ejes principales. Pero también se puede trazar la elipse (Cataneo 1567), cuya solución es única, mientras que existen infinitas soluciones para el óvalo de Tosca.

El replanteo de la elipse de Cataneo (1567) en obra es inmediato. En la elipse, la situación de los focos, ha de precisar de una operación de compás en el

extremo del eje menor sobre el eje mayor, con la medida del semieje mayor. La dificultad de la figura estriba en la construcción de elipses concéntricas, ya que el foco cambia de situación sobre el eje mayor.

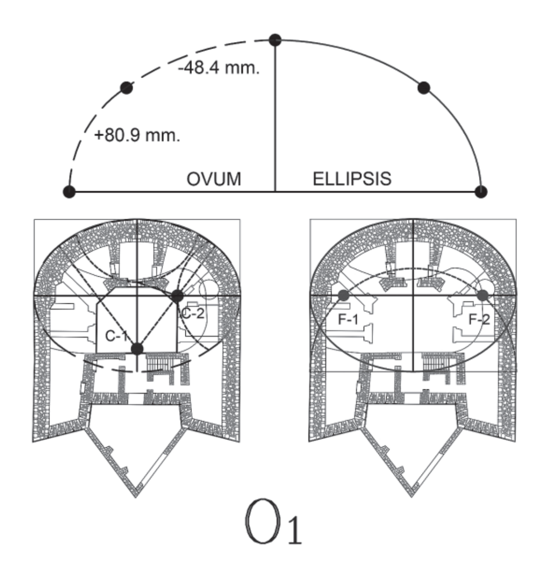
En el replanteo del óvalo de Tosca (1707) se fijan, inicialmente, el primer centro sobre el eje mayor, y esta medida sobre el menor. El segundo centro del óvalo sobre el eje menor se puede construir mediante una simple operación de escuadra, entre los puntos descritos, de manera que la intersección con el eje menor es el segundo centro.

De esta manera, si se parte de las medidas de los ejes principales, las formas geométricas de trazado de las elipses de Cataneo (1567) y de los óvalos Tosca (1707) tienden a ser muy similares. Ambas figuras tienen un grado de dificultad similar. Para trazar el muro de la herradura mediante una elipse, hay que realizar dos operaciones geométricas, y poder determinar así, los focos de las elipses concéntricas. Si lo hacemos mediante el óvalo de Tosca, se necesitan también de dos operaciones geométricas.

Si para el Fuerte de San Jorge se construye una elipse de Cataneo (1567), sus ejes resultan iguales y de valor 23,49 m y 17,38 m. También se ha realizado la comprobación geométrica de los óvalos de Tosca (1707), fijando uno de los centros en los puntos estratégicos de la geometría del Fuerte de San Jorge. Se ha comprobado un óvalo O_1 situando el centro C-2, sobre el eje mayor situado sobre el muro del patio (figura 7), y otra solución sobre el eje mayor situando el centro C-1, sobre la entrada al patio de armas, con lo que obtendríamos un óvalo O_2 (figura 8). Los resultado obtenidos estiman desviaciones máximas, tomando como referencia la figura de la elipse, en el caso O_1 de (+ 81,0 mm, –48,4 mm) y en O_2 de (129,9 mm, –16,3 mm)

Por otra parte, si se construye un óvalo equivalente O_3, de superficie de 320,70 m², igual a la del Fuerte, se obtiene un óvalo cuyo centro está situado a 7,12 m del flanco, prácticamente a 3,00 cm de la pared del patio del Fuerte, o del mismo punto de O_1. (Lluis et. alt. 2014b, 41-51) (figura 9).

De hecho, si comparamos ambos perímetros ocurre que, en la zona de los flancos, el óvalo tiende hacia el extradós de la elipse, con una diferencia de 60,2 mm. Mientras que en la zona central del perímetro, el óvalo tiende hacia el intradós de la elipse, con una diferencia de 40,9 mm. El orden de la medida



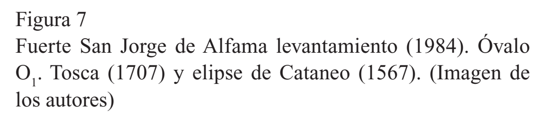


Figura 7
Fuerte San Jorge de Alfama levantamiento (1984). Óvalo O_1. Tosca (1707) y elipse de Cataneo (1567). (Imagen de los autores)

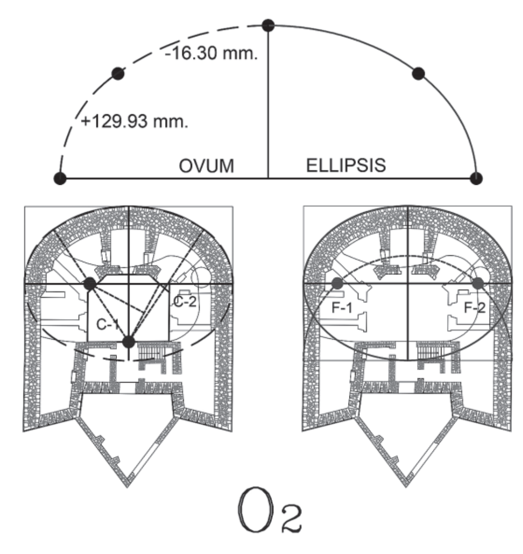


Figura 8
Fuerte San Jorge de Alfama levantamiento (1984). Óvalo O_2. Tosca (1707) y elipse de Cataneo (1567). (Imagen de los autores)

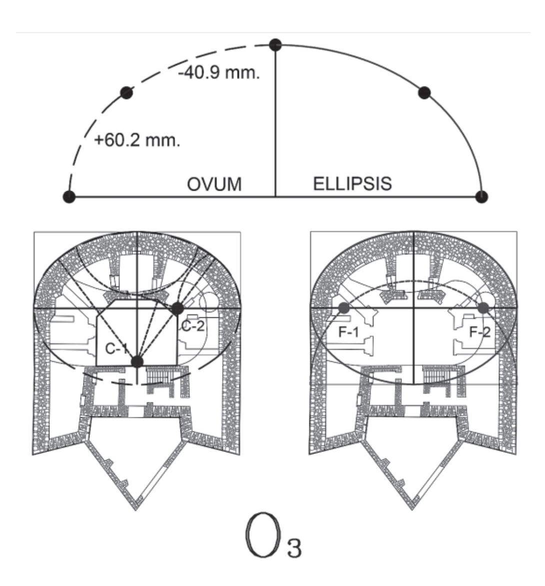


Figura 9
Fuerte San Jorge de Alfama levantamiento (1984). Óvalo O_3 equivalente a la elipse. (Imagen de los autores)

está cercano a un margen de error del 1%, coincidente con el error del levantamiento del Fuerte de San Jorge (1984).

Conclusión

En el año 1984 se determinó que el perímetro del Baluarte de San Jorge de Alfama (c.1724) estaba trazado mediante una elipse según la tradición de Pietro Cataneo (1567). Tras estos nuevos estudios, se plantea una segunda solución con el trazado del perímetro del baluarte mediante un óvalo de Vicente Tosca (1707).

Aunque matemáticamente las ecuaciones de las figuras sean muy diferentes, la parametrización formal del replanteo de la batería de herradura del Fuerte de San Jorge (c.1724), tanto puede ser un óvalo, como una elipse. Las dos hipótesis también pueden absorber el margen de error del replanteo de ambas figuras.

A la vista de la geometría constructiva del Fuerte de San Jorge (c.1724), cabe plantearse la similitud formal entre la elipse y el óvalo, partiendo de la igualdad de sus ejes principales. Así podemos plantear el problema desde el punto de vista matemático. La elipse la definimos como el lugar geométrico de los puntos cuya distancia a dos puntos es constante, y cuya solución es única. Llamamos a la elipse de Cataneo (1567), , de ejes (a, b), con focos, (x_{f1}, x_{f2}) . En cuanto al óvalo, lo definimos como la curva con aquellos puntos que pertenecen a lugares geométricos de circunferencias y que son tangentes entre sí. Si los óvalos no fueran tangentes entre sí, las soluciones serian infinitas. Por lo contario, si los óvalos se construyen con circunferencias tangentes entre sí, la solución dependerá de la fijación del número de centros y sus ejes. Determinamos pues los óvalos en función del radio de sus curvaturas. Así, el óvalo de cuatro centros tiene dos curvaturas r_1 y r_2, definiendo $O_{(r1,\ r2),}$ como óvalos de Serlio (1545) y Tosca (1707). El de ocho centros tiene tres curvaturas, r_1, r_2 y r_3, definiendo el óvalo $O_{(r1,\ r2,\ r3),}$ como Camus (1750). De manera que los radios de las circunferencias de los óvalos, serían los siguientes: (r_1) radio menor $(x_{r1}, 0)$, (r_2) radio mayor $(0, y_{r2})$, (r_3) radio medio, y (x_{r3}, y_{r3}) de centro de sus ejes. “

En general, para la construcción de este tipo de Baluartes, existen dos posibilidades, o bien se fijan los dos ejes principales (1), o tan solo el eje mayor y se deduce el menor (2).

A partir de los ejes principales, las soluciones conmensurables (1);

a) la elipse de Cataneo (1567), con una solución.
b) el óvalo de cuatro centros de Tosca (1707), con infinitas soluciones.

Cuando se plantea que la figura se construya a partir del eje mayor y se deduzca el eje menor (2);

a) la elipse de Cataneo (1567), con una solución finita.
b) óvalos de cuatro centros, como los de Serlio (1545) y sus variantes infinitas.
c) los múltiples óvalos de ocho centros de Camus (1750).

Desde el punto de vista geométrico es plausible plantear la solución de la aproximación de la construcción de la elipse y un óvalo equivalente con las soluciones conmensurables. A igualdad de ejes principales, la equivalencia se puede plantear a través de sus áreas (s) o de sus curvaturas (c).

El desarrollo matemático de la cuestión lleva a la conclusión de que para un rango métrico de medidas constructivas de este tipo de Baluartes, las diferencias de media entre las figuras de la elipse y del óvalo son inapreciables.

Notas

1. http://www.mcu.es/ccbae/gl/mapas/principal.cmd. Establecida el 14 de abril de 2014. Consta de Material cartográfico del AGS, con 5.281 entradas, y el Material grafico AGS con 2.042 referencias.
2. Hipótesis de trazados óvalos con cuatro centros como el Colloseo, (Docci; Migliari 2001, 13-24). Otras hipótesis con ocho centros también para el Colloseo, (Wilson 1993, 391-441).. En el anfiteatro de Salonica, otros trazados con más de ocho centros, (Dyggve, 1933, 129).
3. Consultable en Europeana, www.europeana.eu. Ref. nivel N0; ITEM http://hdl.handle.net/10687/34880. Ref. nivel N1; ITEM http://hdl.handle.net/10687/34879.

Lista de referncias

Apolonio. 1891. *Apollonii Pergaei quae Apollonii Pergaei quae graece exstant cum commentariis antiquis. Edidit et latine interpretatus est I. L. Heiberg, Volumen 1*. Lipsiae: In aedibus B.G. Teubneri.

Arquímedes. 1880. *Archimedis Opera omnia, cum commentariis Eutocii. E codice florentino recensuit, latine vertit notisque illustaruit J.L. Heiberg Volumen I*. Lipsiae: In aedibus B.G. Teubneri.

Bachot, Ambroise. 1587. *Le Timon du Capitaine Ab. Bachot, Lequel conduira le lecteur Parmi les guerrières mathématiques sur les reductions des unes aux autres figures géométriques et instruments de mesurer toutes distances et représenter tous corps en perspective joint un traité fort utile des fortifications, machines de guerre et autres particularités inventées par l'auteur.* Paris: Au faubourg Saint-Germain-des-Prés, rue de seine, à la Croix Blanche.

Blume, et. alt. 1848. *Die Schriften der rönischen Felemesse* . Erster band. Berlín: Bei Georg Reimer.

Bosse A. 1665. *Traité des pratiques geometrales et perspectives: enseignées dans l'Academie royale de la peinture et sculpture.* Paris: Chez l'Auteur en l'Ille du Palais.

Burton H. E. 1945 «The optics of Euclid». *Journal of the optical Society of America*, 35.5, pp. 357-372

Camus, M. 1750. *Elémens de géométrie théorique et pratique (Cours de mathématique, Seconde Partie*). Paris: Durand.

Cataneo, P. 1567. *L'architettura di Pietro Cataneo senese: oltre alla quale todos "essere stati dall'istesso autore riuisti, meglio ordinati, e di diuersi disegni, e Discorsi arricchiti i primi quattro libri per l'adietro stampati: sono il piu di aggiunti quinto, sesto, settimo, e ottauo Libro*. Venecia: Aldus.

Choisy, A. 1904. *L'art de bâtir chez les* égyptiens. Paris: E. Rouveyre.

Docci, Migliari. 2001. *Architettura e geometria nel Colosseo di Roma. En Matematica e architettura. Metodi analitici, metodi geometrici e rappresentazioni in architettura.* Firenze: Alinea editrice. Università di Firenze. Fac. Architettura, pp. 13-24.

Dyggve, E. 1933. *L'Amphitheâtre, Recherche à Salone.* Tome II. Copenhague: Fondatión Rask-Ørsted.

Dürer, A. 1525. *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt: in Linien Ebnen vo gantzen Corporen*. Nürenberg: Hieronymum Formschneyder.

Euclides. 1883. *Euclidis opera omnia. Ediderun I.L. Heiberg et H. Menge. Vol 7*. Lipsiae: In aedibus G.B. Teubneri.

Generalitat Catalunya. 1990. *Catàleg de Monuments i Conjunts Històrico-Artístics de Catalunya*. Barcelona: Departament de Cultura.

Huerta, S. 2007. «Oval Domes: History, Geometry and Mechanics». *Nexus Network Journal*, Vol. 9.2, , pp. 211-248.

Huxley G.L. 1959. *Anthemius of Tralles. A Study in Later Greek Geometry*. Gambridge. Massachusetts: Printed by the Eaton Press.

López Mozo, A. 2011. «Ovals for Any Given Proportion in Architecture: A Layout Possibly Known in the Sixteenth Century». *Nexus Network Journal*, Vol.13.3, pp. 569-597

Lucuze, Pedro de Lucuze. 1772. *Principios de fortificación, que contienen las definiciones de los terminos principales de las obras de Plaza y de Campaña... dispuestos para la instrucción de la juventud militar*. Barcelona: Thomas Piferrer.

Lucuze. Pedro de. 1773. *Disertacion sobre las medidas militares que contiene la razón de preferir el uso de las nacionales al de las forasteras. Escrita por Don Pedro de Lucuze.* Barcelona: Por Francisco Suría y Burgada

Lluis i Ginovart, et. alt. 2014a. «The Ellipse and the Oval in the design of Spanish Military Defences in the Eighteenth Century». *Nexus Network Journal*, Vol. 16.3, 2014, pp. 587-612.

Lluis i Ginovart, et. alt. 2014b. «Layout and shape of Dürer's Geschützrondellen in the Spanish defensive architecture. The horseshoe pattern in the Enlightenment». *WIT Transactions on the Built Environment*, nº 143, pp. 41-51.

Migliari, R. 1995. «Ellissi e ovali. Epilogo di un conflitto». *Palladio*, Anno VIII, 16, pp. 93-102.

Papus. 1876. *Pappi Alexandrini Collectionis: quae supersunt. E Libris manu scriptis editit, latina interpretatione*

et commentariis instruxit Fridericus Hultsch. Volumnis III Tomus I. Insunt Libri VIII Reliquae suplementa in Pappi Collectionen. Berolini: Apud Weidmannos.

Rosin, P. L. 2001. «On Serlio's Constructions of Ovals». *The Mathematical Intelligencer*, 23.1, pp. 58-69.

Rosin; Trucco. 2005. *The Amphitheatre Construction Problem*. Incontro Internazionale di Studi Rileggere L'Antico. Rome, 13-15 December 2004, pp.391-442.

Serlio, S. 1545. *Il Primo libro d'architettura di Sebastiano Serlio, bolognese. Le premier libre d'Architecture* de *Sebastiano Serlio, Bolognoi, mis en lange Francoyse par Iehan Martin.* París: Jean Barbé.

Servicio Histórico Militar. 1981. *Catalogo General de la Cartoteca*, 2 Vol. Madrid: Imprenta Ideal.

Tosca V. 1707. *Compendio mathematico: Que comprehende Geometria elementar, arithmetica inferior, geometria practica... Tomo I*. Valencia: Por Antonio Bordazar.

Tosca V. 1712. *Compendio mathematico: Que comprehende Arquitectura civil, montea, y canteria, arquitectura militar, pirotechnia, y artilleria. Tomo V*. Valencia : Por Antonio Bordazar.

Wilson Jones, M. 1993. «Designing Amphitheatres». *Mitteilungen des Deutschen Archaologischen Instituts: Römische Abteilung*, nº 100, pp. 391-442.

Análisis de elementos paradigmáticos del Ex Templo de Santa Teresa la Antigua de la Ciudad de México

Fernando López Carmona
Agustín Hernández Hernández

La traza compositiva del ex Templo de Santa Teresa la Antigua de principios del siglo XVII, está estructurada mediante elementos de mampostería de tezontle, dispuestos de manera ortogonal para que predominen esfuerzos de compresión. Entre 1798 y 1813 el Arq. Antonio González Velázquez, quién era Director de la Real Academia de San Carlos en aquél entonces, adecuó el partido arquitectónico de la nave principal, para construir contiguo al presbiterio, la capilla del Señor de Santa Teresa, configurando en planta una cruz casi griega y cubrió el crucero de manera clásica con una cúpula aperaltada.

Debido al sismo registrado el 7 de abril de 1845, que derrumbó la cúpula desde el arranque del tambor con una porción de la semicúpula del ábside, se realizó la intervención más importante de su historia, sin duda significó una encomienda especial ya que después de la tragedia, las condiciones a superar eran evidentes. Desde el punto de vista técnico el proyecto era exigente, sin embargo el Arq. Lorenzo de la Hidalga se atrevió a diseñar una excepcional doble cúpula que aún permanece, como referencia importante sobre las fronteras del conocimiento de aquel entonces (figura 1).

Desde 1993, éste conjunto arquitectónico alberga un museo del Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA), que puede identificarse desde la plaza del zócalo debido a la esbeltez que aportan ambos tambores de su doble cúpula cuya espectacular geometría sólo puede analizarse de manera justa mediante proyecciones en planta y alzado.

Descripción arquitectónica

Esta excepcional capilla en planta se aproxima a una cruz griega, cuyo brazo oriente es rematado con un muro semicircular que funcionó como ábside; su morfología derivada de una planta central, usual en la arquitectura religiosa, tiene la virtud de concentrar la visual desde cualquier ángulo, artificio que también ocurre en alzado, cuando se observa el espacio desde el nivel de feligresía hasta la linternilla. Aunque es una obra del siglo XIX, es considerada única por su audaz solución arquitectónica que refleja el esplendor del arte de la construcción con mampostería (figura 2).

En la zona central existen juegos de columnas de cantera, dispuestos en función al sistema de contrarresto en escuadra y al apoyo de los arcos dobles entibados con pechinas que reciben al tambor de la cúpula interior. Según lo que se observa en el sitio, el desplante de los pedestales se integran a los muros y en la parte superior los capiteles llegan a la arquitrabe que da unidad al conjunto e interactúa con la cúpula interior, que tiene un óculo circular fundamentado en la geometría estructural capaz de establecer una relación formal con la cúpula exterior por donde ingresa la luz natural y como atributo de ésta composición, el resultado espacial se enriquece con la decoración de murales del pintor Juan Cordero, localizados por el intradós dando una sensación como si flotaran junto con todo ese hemisferio (figura 3).

Por el lado noreste se localiza una estructura contemporánea de acero, proyectada para que trabaje de

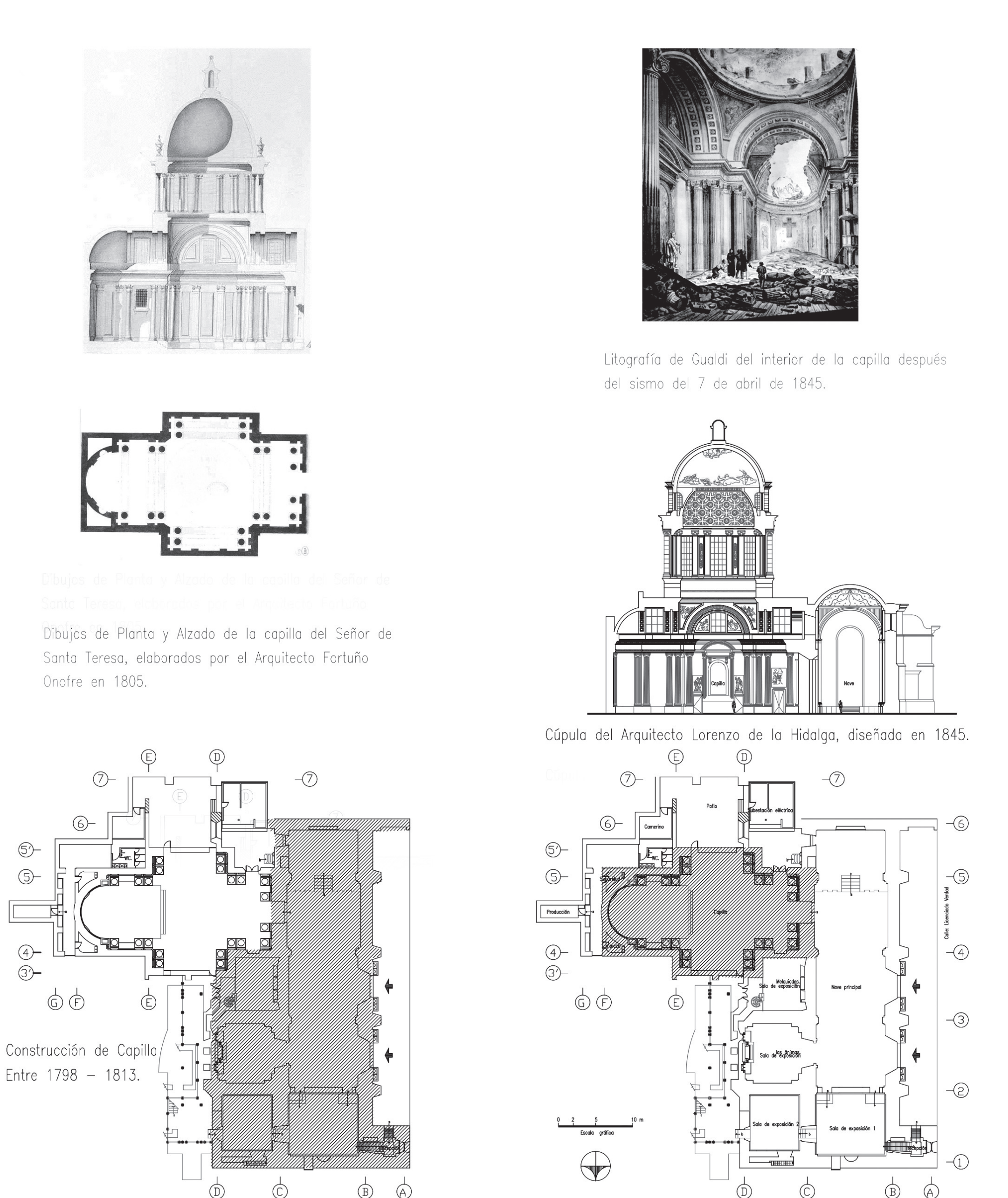


Figura 1
Historia de la construcción del Ex Templo de Santa Teresa la Antigua de la Ciudad de México. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández y referencia de Fuentes Rojas, Elizabeth. 2002)

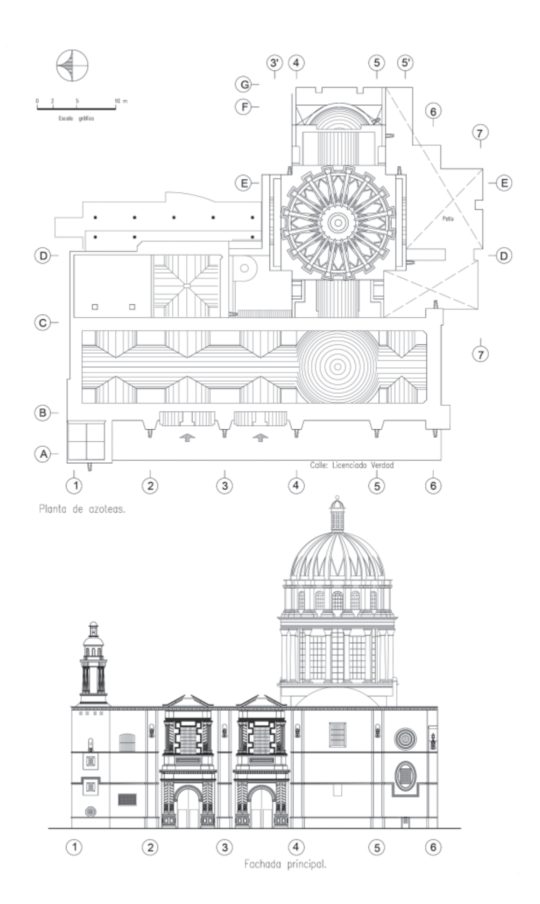


Figura 2
Planta de azoteas con fachada principal. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

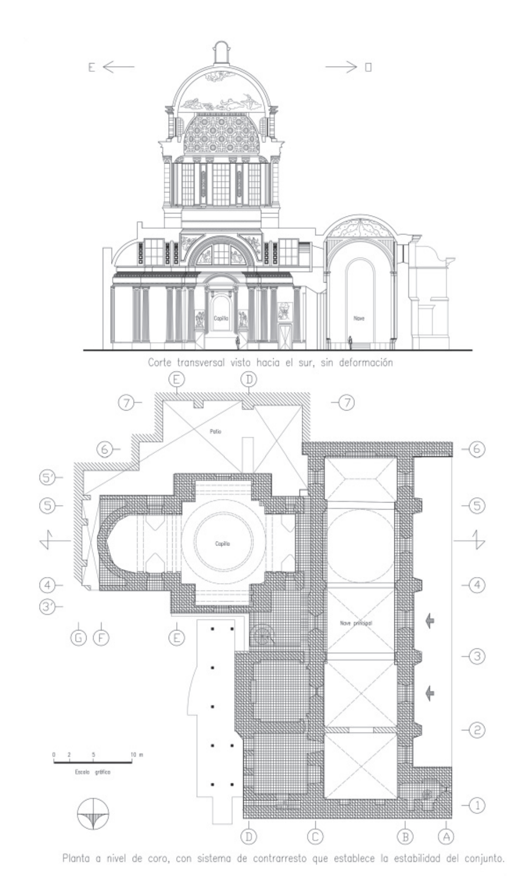


Figura 3
Proporción de la doble cúpula con su partido estructural y las zonas de contrarresto del conjunto arquitectónico. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

manera independiente de la construcción histórica, donde funcionan las oficinas administrativas que se extienden hasta la zona donde estuvo el coro cubierto con una bóveda de arista que tiene un auténtico refuerzo con soleras de hierro forjado, tangente a la superficie de los plementos y alineadas a las aristas por donde fluyen las cargas, inscritas entre un anillo circular y otro poligonal, digno de gran consideración cuyas características se asocian al perfil profesional del Arq. Lorenzo de la Hidalga.

Respecto al estado actual, es importante señalar que en la zona de la cúpula central, los muros evidencian refuerzos semiocultos mediante trabes de concreto reforzado probablemente de los años setentas y en el paramento exterior del muro norte, entre el entreeje «D-E», hay vestigios de manguera de polyducto de ½” de diámetro que son frecuentes durante las campañas de consolidación mediante inyecciones de mortero.

Análisis de la doble cúpula

Para analizar los elementos compositivos de éste audaz diseño arquitectónico, resulta importante identificar dos cúpulas que seguramente el Arq. Lorenzo de la Hidalga, conocía en la ciudad de México como la de nuestra Catedral Metropolitana, de generatriz circular y la de nuestra Señora de Loreto, de genera-

triz elíptica, como marco del lugar y del momento para definir las características de una cúpula más sofisticada, que significó un impacto cultural donde su composición y proporciones se alejaron de la lógica de lo establecido para diseñar elementos sismo resistentes, es decir la hizo más pesada y más esbelta que su antecesora colapsada por un sismo devastador.

Al analizar la proyección en vertical del eje de las tres cúpulas, se observa que las dos primeras tienen su eje tangente al paramento interior del tambor, sin embargo en Santa Teresa, decide cumplir dicho principio pero ahora con dos tambores dispuestos de manera que la excentricidad de ambos casquetes esféricos sea de 84 cm, es decir una vara castellana y dosifica la proporción del basamento de manera que predominen esfuerzos de compresión, es decir que la trayectoria del eje exterior queda inscrito en el tercio medio (figura 4).

Por el exterior el conjunto arquitectónico, también es protagonista y capta la atención por la esbeltez del doble tambor con vitrales en todos y cada uno de los vanos que permiten deducir las relaciones formales que caracterizan a dicha composición, como reflejo de la evolución de la construcción resistente por forma a finales del virreinato, donde la estructura actúa como un mecanismo isostático confinado por los muros de contrarresto: unos en sentido longitudinal y otro sistema en escuadra que al circundar al conjunto conducen las resultantes de las cargas hasta el suelo.

Durante el proceso de investigación al analizar de manera más cuantitativa la esbeltez del doble tambor, suscitó el interés por conocer el manejo de proporciones de ambos tambores y mediante su geometría se decidió establecer que la altura del tambor inferior equivale a la unidad, entonces se derivó que la altura del tambor superior equivale a 2/3 de dicha unidad. Después se determinaron las fuerzas de inercia que provoca el sismo al propagar sus efectos hacia la superestructura, con el fin de revisar las repercusiones estructurales que implica el manejo de alturas, donde se identificó un efecto positivo en el patrón de deformación que experimenta la estructura durante un sismo, es decir que abajo experimenta deformaciones mayores respecto al tambor superior, por lo tanto, el manejo de las proporciones geométricas se convierte como un dispositivo capaz de inhibir la magnitud de las deformaciones (figura 5).

Para finalizar este tema sobre la generosidad que aportan ambos sistemas de contrarrestos y el manejo creativo de las proporciones, se descubrió una estrecha relación entre el cálculo teórico de las tres fuerzas de inercia colocadas donde se concentran las masas, con el patrón de deformaciones reales obtenidas mediante mediciones directas, el resultado sorprendentemente coincide a cabalidad porque las medicio-

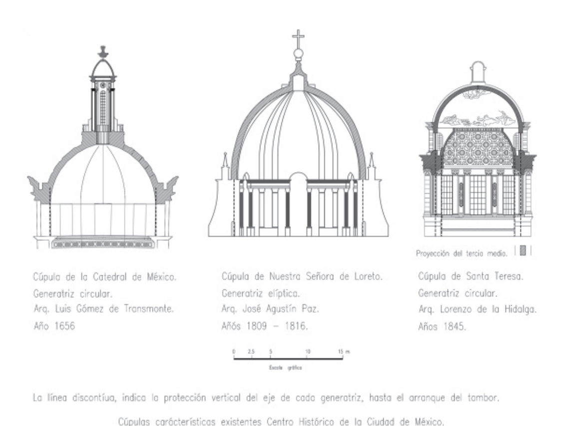


Figura 4
Cúpulas características de la ciudad de México en verdadera forma y magnitud. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

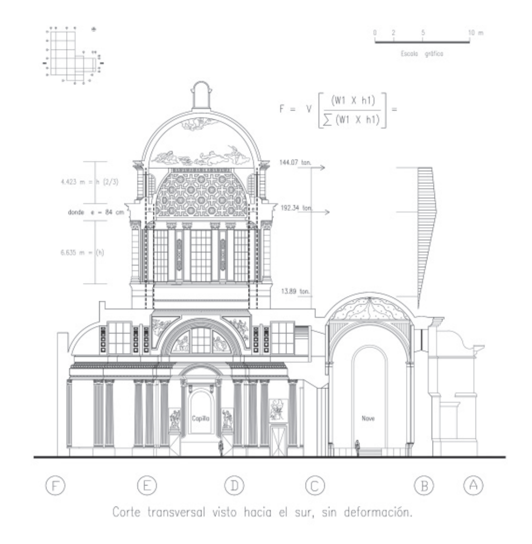


Figura 5
Análisis de proporciones y su respuesta mecánica. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

nes de desplomo indican que el tambor superior se deforma menos que el inferior. Esta serie de coincidencias confirma que en el diseño no existen improvisaciones y que las teorías del Arq. Lorenzo de la Hidalga, funcionaron correctamente, sin embargo vale la pena investigar cómo dosificó las proporciones como leyes subyacentes del comportamiento estructural (figura 6).

Fenómeno de los hundimientos: los hundimientos diferenciales

Acorde al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, el conjunto arquitectónico de Santa Teresa la Antigua, se localiza en la zona denominada lago centro III, caracterizada porque la historia de cargas aplicadas sobre la superficie del suelo ha sido muy variable a través del tiempo. Esta situación ha provocado que se acumulen deformaciones y que el suelo presente condiciones extremas, debido a que en gran proporción, las arcillas están consolidadas por efecto de rellenos artificiales, sobrecargas de construcciones prehispánicas y cimentaciones virreinales, asimismo también existen porciones blandas asociadas a lugares vírgenes o trayectorias de antiguos canales.

Un factor importante que ha modificado a través del tiempo la mecánica del fenómeno deformable, es el abatimiento regional de la presión hidrostática del suelo, debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, que suele causar una disminución de volumen proporcional al hundimiento de la superficie. En la (figura 7), se presenta una configuración sobre el patrón del hundimiento regional cuyo gradiente acusa una tendencia hacia el sureste por donde se ubica el Ex templo de Santa Teresa la Antigua.

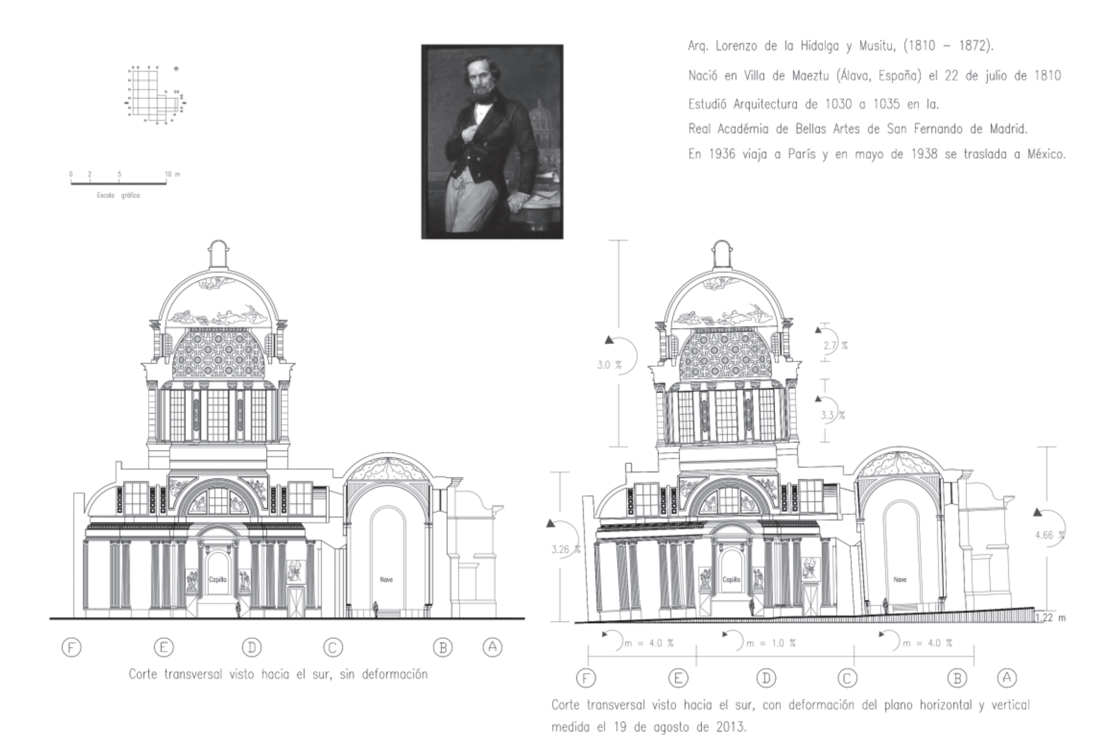


Figura 6
Cortes transversales que exhiben la concordancia entre diagramas y deformaciones reales. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández y archivo de Xavier Guzmán Urbiola).

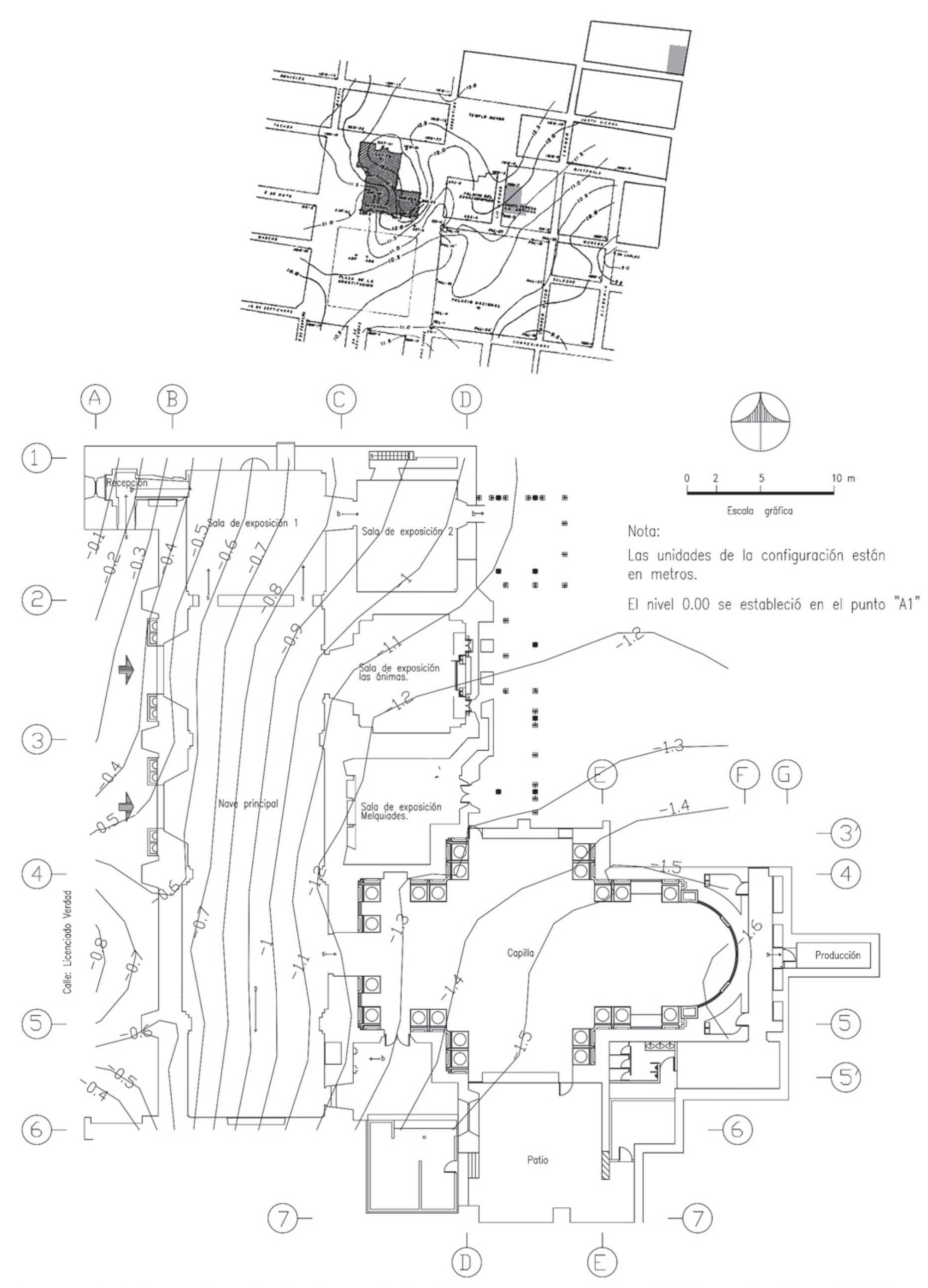


Figura 7
Configuración de los hundimientos diferenciales y su repercusión estructural en el Ex templo de Santa Teresa. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

Como se puede inferir, la problemática es regional, ya que en la heterogeneidad de la masa del suelo, existen diferencias de compresibilidad de un punto a otro y al predominar una presión efectiva generalizada, el hundimiento será irregular. Un ejemplo de esta circunstancia son las deformaciones diferenciales evidentes en varias construcciones del Centro Histórico que tienen comprometida su seguridad estructural.

De acuerdo con la información del monitoreo realizado durante la experiencia del proyecto de Corrección Geométrica de la Catedral y el Sagrario Metropolitanos, se puede decir que en el Centro Histórico la velocidad del hundimiento regional, es del orden de 10 cm/año, la cual tiende a incrementarse, en magnitud y distribución asociada a los espesores del suelo compresible y la evolución de las presiones intersticiales.

Con el fin de profundizar en el conocimiento del patrón de deformación estructural específica, el sábado 8 de septiembre del 2012, se hizo una medición del plano de plintos con nivel de hilo, por el interior del conjunto arquitectónico, que después permitió calcular una configuración al establecer como nivel 0,00 el punto «A1», debido a que presenta mayor elevación. Estas curvas de deformación a cada 10 cm, permiten definir zonas que históricamente por diversas circunstancias, han presentado mayor asentamiento, así como la manera en que los muros se han adaptado a la nueva condición de equilibrio provocada por los hundimientos diferenciales.

En general la deformación es de 1,60 m, del campanario hasta el ábside de la capilla, en cuanto a la pendiente la mayor magnitud se registra en la nave principal en su sentido transversal y al continuar hacia la zona de la capilla, la pendiente se suaviza, tal como ocurre en la medición de desplomos, solo que en éste modelo la variación se deduce de manera rápida porque ahí, contiene menor cantidad de curvas.

Respecto al cambio que revela la configuración, indica que se trata de dos etapas constructivas con una intervención relevante, es decir que cronológicamente, la nave principal tiene 400 años, después la capilla original 200 y finalmente la reconstrucción que incorporó a la doble cúpula 150 años. Esta historia de cargas reflejada en las deformaciones sobre la superficie del suelo, equivale al período en que prevalece el actual régimen de carga, sobre el que se hace esta interpretación.

Medición de desplomos

La difícil interacción suelo-estructura, exige conocer el punto de equilibrio que permita la permanencia del mecanismo confinado, capaz de anular flexiones, mediante sistemas de rótulas frágiles. Dicha premisa condujo a medir los desplomos el día sábado 25 de agosto de 2012, sobre la parte inferior de los elementos soportantes, donde técnicamente se asume que ofrecen unidad estructural en ambas direcciones ortogonales. El procedimiento consistió en identificar primero los puntos de intersección de los ejes estructurales, después con una niveleta de 1,22 m, de longitud, se midió de manera directa el desplomo correspondiente a cada componente para proceder a calcular la resultante en unidades de porcentaje (figura 8).

Al analizar el comportamiento de la estructura se observa que el eje «B» registra desplomos con gran magnitud que disminuyen hacia el eje «D», debido a que los muros del lado oriente que separan a las salas intermedias, contrarrestan el empuje de la nave principal. Al continuar con la lectura en la zona de la capilla se identifica una aleatoriedad que para interpretar, condujo a distinguir el desplomo de los muros con el de las columnas. Desde el punto de vista mecánico, esta dispersión de resultados puede asociarse a carencias de rigidez intrínsecas, en la conexión entre los muros con los pedestales.

Sin embargo, ésta respuesta adquiere mayor sentido al superponer el tema de la interpretación de la construcción durante la cual se derivaron dos etapas de construcción, una relativa a la nave principal y otra a la capilla, después al reinterpretar dicha medición, se corroboran ambos comportamientos, uno para la nave principal que reacciona como cuerpo rígido hacia el suroriente con una magnitud promedio de 5,97% y otro para la capilla, donde se detectó la discrepancia entre los muros con las columnas interiores apoyadas sobre pedestales, cuyos fustes presentan una deformación de 3,016% y los muros 3,62%, es decir los muros de borde se mueven más que las columnas interiores.

Esta medición significa un indicador sobre el patrón de deformaciones en la superestructura, representado con una línea discontinua que pasa por el extremo de los vectores, asimismo pone de manifiesto la necesidad de monitorear hacia los niveles superiores como azoteas y los tambores de la cúpula doble,

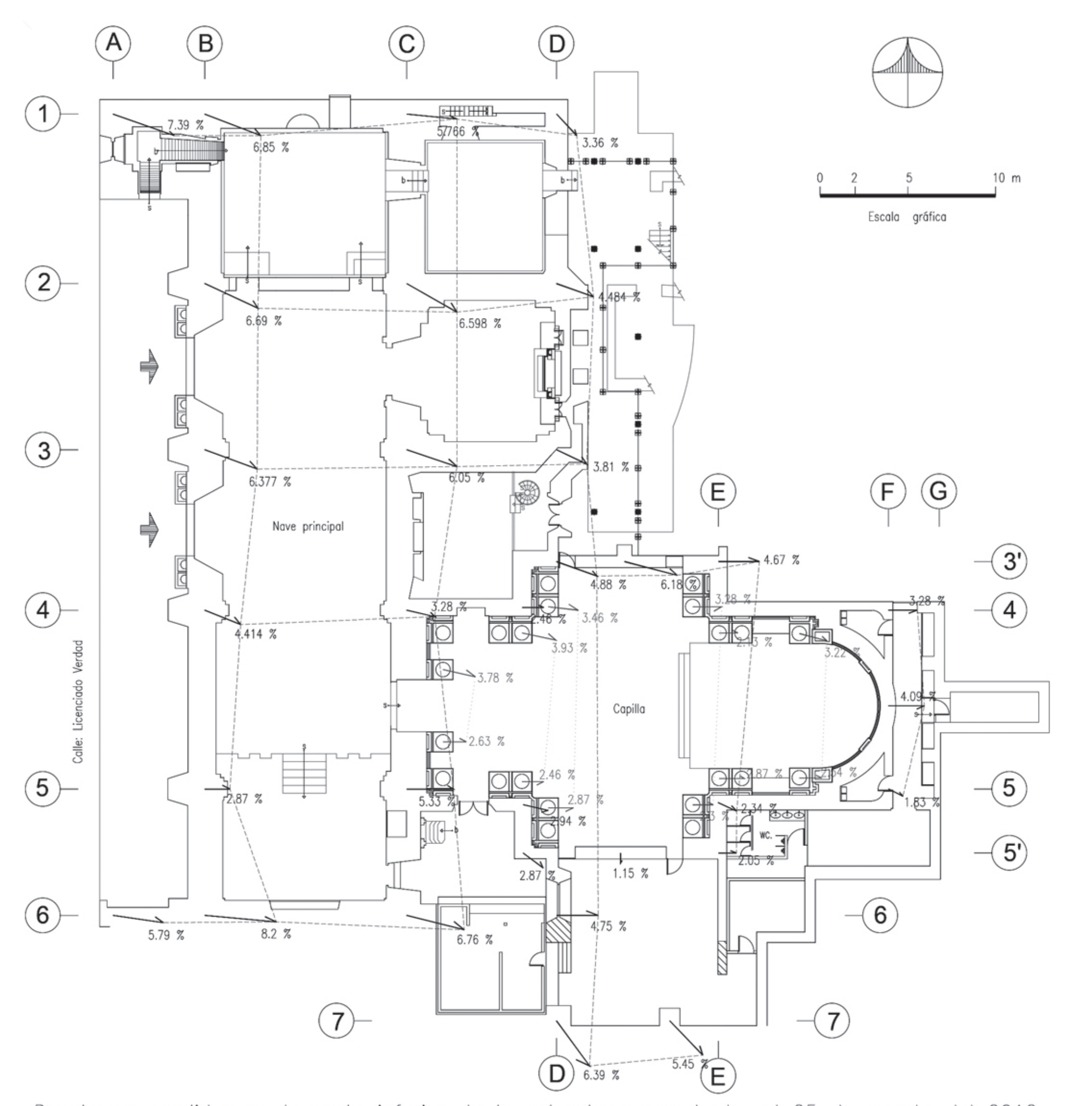


Figura 8
Deformación de los paramentos verticales medida sobre los ejes estructurales. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

donde pueden resultar desplazamientos independientes entre sí, asociados a cambios específicos en la morfología de la construcción, ya que el paso de los años ha dejado huella en todos y cada uno de sus componentes.

En función a ésta revisión cualitativa y cuantitativa se puede aceptar que los hundimientos inducidos desde las etapas de construcción, ya han terminado y los asentamientos futuros serán producidos principalmente por el hundimiento regional de la zona, decir que

como síntesis se puede inferir que el patrón de desplomos difiere de un cuerpo rígido y monolítico, por lo tanto advierte la presencia de fracturas debido al reacomodo de la superestructura a través del tiempo.

Comportamiento estructural

Para hacer la revisión estructural se analizó la morfología del conjunto con los materiales predominantes que caracterizan a la fábrica, cuyo peso para la mampostería se consideró de 1,65 ton/m^3 y para la cantera de 2 ton/m^3, respecto a las cargas accidentales se consideró un coeficiente símico equivalente a P/5.

En función a la respuesta derivada tanto de las mediciones como de las inspecciones, durante la revisión analítica primero se analizó el conjunto, como un todo, cuyo resultado positivo refleja la disposición geométrica de ambas construcciones, ya que aunque la deformación en la nave principal es hacia el oriente, la capilla resuelve las solicitaciones y teóricamente en dirección norte-sur la capilla se compensa con los generosos muros de la nave principal. Ante ese escenario inicial, se decidió caracterizar el conjunto para analizar a ambas construcciones de manera independiente, con el fin de determinar una mejor aproximación sobre los mecanismos de falla (figura 9).

Para la nave principal se calculó un peso de 9.474,89 ton y el esfuerzo a compresión a nivel de feligresía es de 2,58 kg/cm^2, la fuerza cortante en la base es de 1.894,98 ton, la cual provoca un esfuerzo en la dirección norte-sur de 0,78 kg/cm^2 y en la dirección este-oeste de 1,12 kg/cm^2, es decir que en esta dirección es más vulnerable. Asimismo se calculó analíticamente el esfuerzo que transmite la cimentación al suelo y resultó de 14,1817 ton/m^2, este valor indica que seguramente desde la construcción se registraron asentamientos importantes.

En la capilla hay menos área de muros, lo cual es una desventaja sísmica que conduce a obtener esfuerzos más intensos, por ejemplo el peso es de 4.393,02 ton, y provoca un esfuerzo de compresión a nivel de feligresía de 5,49 kg/cm^2, asimismo solicita un cortante sísmico de 878,6 ton que provoca un esfuerzo

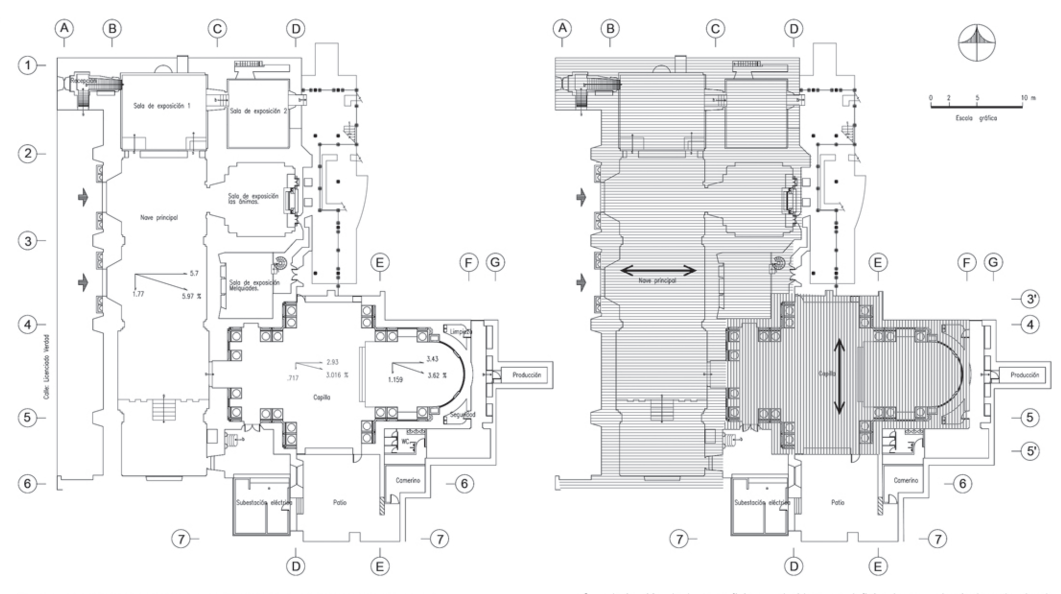


Figura 9
Caracterización que explica la eficaz forma en que se complementan ambas etapas constructivas. (Dibujos elaborados por Agustín Hernández Hernández)

de 2,28 kg/cm^2 en los muros norte-sur y 1,13 kg/cm^2 en dirección este-oeste, de manera analítica se dedujo que el esfuerzo que transmite al suelo es de 24,14 ton/m^2.

Los esfuerzos actuantes superan a los límites elásticos de la mampostería de tezontle y tienden a incrementarse aún más debido a los efectos del hundimiento diferencial y el desplomo, es decir, los esfuerzos calculados para un coeficiente sísmico de 0,2, realmente son para un C.S. de 0,14 y 0,16, respectivamente; estas intensidades de esfuerzo se determinaron mediante técnicas de cálculo estático aplicado en ambas direcciones apegándose de manera rigurosa a las condiciones geométricas reales de cada elemento como lo dicta la estabilidad clásica.

Sin embargo, su comportamiento estructural experimentado ante los efectos del fenómeno de los hundimientos diferenciales y los violentos sismos que han impactado a la Ciudad de México, sólo ha provocado intervenciones locales como la realizada por el Dr. Fernando López Carmona después del sismo de 1985, donde al restaurar el cupulín, implementó la técnica del postensado en elementos de mampostería. Lo que hace esta obra un ejemplo único por su excepcional diseño arquitectónico, mediante el cual el Arq. Lorenzo de la Hidalga y Musitu, nos heredó sus teorías, asimismo resulta emocionante descubrir varias coincidencias con la precisión que brindan las teorías y herramientas contemporáneas.

Referencias.

Arnal Simón, Luis y Betancourt Suárez Max. 2012. *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.* Editado por Trillas. México.

Cortés Rocha, Xavier. 2007. *El clasicismo en la arquitectura mexicana 1524 – 1784*. Editado por Miguel Angel Porrua. México.

Comité Técnico de la Catedral de México. 1995. *Catedral Metropolitana: corrección geométrica, informe técnico.* Editado por Espejo de obsidiana. México.

Fuentes Rojas, Elizabeth. 2002. *La Academia de San Carlos y los constructores del neoclásico*. Editado por la UNAM. México.

Gutiérrez, Ramón. 2015. *La formación arquitectónica de Lorenzo de la Hidalga y su repercusión en México.* Artículo publicado en ACADEMIA XX, Número 10 de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

Hernández Hernández, Agustín. 2012. *Dictamen estructural sobre el Ex templo de Santa Teresa la Antigua*. Ciudad de México.

Katzman, Israel. 2002. *Arquitectura religiosa en México 1780 – 1830*. Editado por la UNAM y Fondo de cultura económica. México.

López Carmona, Fernando. 1992. *Estudios de la condición actual de la Catedral Metropolitana*. Tesis doctoral, Facultad de arquitectura, UNAM.

Sandoval, Sandra. 2003. *Santa Teresa la Antigua*. Artículo publicado a través del Instituto Nacional de Bellas Artes. México.

Rasgos europeos en las bóvedas tardogóticas españolas. Casos relevantes

Ana López Mozo
Rafael Martín Talaverano
Alberto Sanjurjo Álvarez

La evolución de la construcción gótica de bóvedas se produjo de forma distinta en los diversos países europeos. Sin embargo, existieron conexiones, establecidas hasta ahora fundamentalmente a partir de la presencia de maestros en diversos lugares y la similitud aparente de tipologías y ornamentación. Pero estos argumentos no pueden ser concluyentes para afianzar la idea de una transferencia técnica. Inferir la intervención efectiva de un maestro en la obra de una bóveda a partir de su presencia —en ocasiones dudosa— en el lugar es con frecuencia aventurado, y más aún intentar precisar el alcance de su responsabilidad. Y las semejanzas aparentes podrían ser resultado de la mera transmisión de una imagen o de la casualidad o convergencia de situaciones. Sin embargo, los procedimientos del diseño tridimensional de los nervios no son deducibles de la simple observación ni por un maestro: requieren una explicación o el acceso a las trazas. Siguiendo la interpretación de Paul Frankl de las actas de la reunión de logias en Ratisbona en 1459, los métodos para obtener la elevación desde la planta sólo eran compartidos en el ámbito del oficio. En consecuencia, la constatación del uso de procedimientos foráneos de control de la forma de los nervios afianzaría la existencia de una transmisión técnica.

Concebida en el marco de un trabajo más amplio de investigación sobre transferencia de conocimiento entre España y Centroeuropa en el tardogótico,[1] el objetivo de esta comunicación es localizar bóvedas españolas en las que un estudio posterior de su diseño tridimensional pueda permitir encontrar procedimientos de trazado distintos a los habituales en nuestro país y afianzar o desmentir una transferencia técnica. La realización de este mapa de trabajo es en realidad un proceso de selección a ciegas, previo al estudio definitivo de cada caso, por lo que requiere analizar previamente qué evidencias nos pueden conducir a bóvedas relevantes. En consecuencia, se hace necesario caracterizar primero el tardogótico centroeuropeo frente al español, y luego buscar bóvedas de nuestro país que cumplan con esas peculiaridades. En cuanto al marco temporal, se incluyen en el estudio bóvedas construidas fundamentalmente en los siglos XV y XVI, período en el que se concentra un número elevado de casos relevantes, que serían suficientes para fundamentar el trabajo.

Rasgos diferenciales en las bóvedas tardogóticas centroeuropeas

En los siglos XV y XVI la construcción gótica de bóvedas evolucionó de forma general hacia una multiplicación del número de nervios, incluyendo con frecuencia los de planta curva, y un volumen general más continuo. En el tardogótico centroeuropeo destaca como peculiaridad el empleo de composiciones muy variadas y la generación de extensas redes nervadas, potenciando la idea espacial de continuidad y suprimiéndose con frecuencia algunos de los elementos del patrón básico de la bóveda de terceletes, ya

sean arcos perpiaños, formeros, diagonales o claves materializadas. Pero determinar con rigor estas características diferenciales frente a la tradición española exige analizar fuentes escritas y ejemplos significativos del tardogótico europeo. Sólo así será viable identificar en España casos que presenten también estos rasgos, estableciéndose una pre-selección de bóvedas cuyo análisis posterior pueda concluir que en su diseño se utilizaron métodos foráneos.

La revisión de ejemplos construidos de bóvedas tardogóticas centroeuropeas se ha apoyado en los estudios de Clasen (1958), Frankl (1962), Hanulanka (1971), Nussbaum ([1994] 2000), Böker (2005), Müller (2005) y Bürger (2007).[2] En cualquier caso, este trabajo no pretende realizar una catalogación completa de casos ni una revisión exhaustiva, sino una caracterización basada en ejemplos relevantes. En cuanto a fuentes escritas, se han estudiado los siguientes manuscritos: la colección de dibujos *Wiener Sammlungen*, de la Academia de Bellas Artes de Viena, de los siglos XV y XVI (Böker 2005); el *Libro de patrones* de Hans Hammer (ca. 1500) de la Biblioteca Augusta de Wolfenbüttel; el compendio *Wiener Werkmeisterbuch,* conservado en el museo Albertina de Viena, de Wolfgang Rixner y Jerg Reiter (1467-1599); el cuaderno del maestro WG de Frankfurt, hacia 1560 (Instituto Städel de Munich; Bucher 1979); el llamado *Codex Miniatus*, hacia 1560-70 (Biblioteca Nacional de Austria; Müller 2005) y el tratado de Jakobus Facht von Andernach (1593) del Archivo Histórico de Colonia.[3] El análisis de las fuentes y estudios mencionados y la propia experiencia de los autores han llevado a identificar una serie de singularidades en las bóvedas centroeuropeas que no son frecuentes en las españolas.

Diseño general

En cuanto al diseño general, las bóvedas centroeuropeas muestran una clara tendencia hacia la autonomía de la red de nervios. La independencia es manifiesta respecto al perímetro: el propio diseño es autónomo, frecuentemente en forma de red, reforzando una idea espacial de continuidad. Es el caso que reflejan los trazados contenidos en WS 16917, HH 25v o las bóvedas de la iglesia de San Jorge en Dinkelsbühl y Santa María en Pirna (figura 1). En ocasiones se superponen dos tramas geométricas autónomas, como se puede apreciar en WS 16827v, 16898, 16924, y 16827v, y claramente una por encima de otra en WS16964. En bóvedas construidas esta idea llegaría a su cénit en la capilla de la Santa Cruz en Wesel, con una primera red de nervios sobre la que se apoya la bóveda en sí (Nussbaum 2000, 199). Los nervios en muchos casos acometen de cualquier manera al borde, donde se suele prescindir de arcos perpiaños o formeros, encontrándose en ocasiones directamente el pilar con la plementería, como ocurre en Santa Ana en Annaberg o en la catedral de Freiberg. Es decir, la idea de tramo en una nave es mucho más difusa que en la arquitectura española de la misma época, donde los arcos perimetrales delimitan y controlan el territorio de cada bóveda: el diseño hispano parece tener su punto de partida en el contorno delimitador, en un proceso de fuera adentro, mientras que los abovedamientos centroeuropeos parecen seguir un proceso inverso, sin estar tan condicionados por el perímetro (Martín Talaverano 2015, 556).

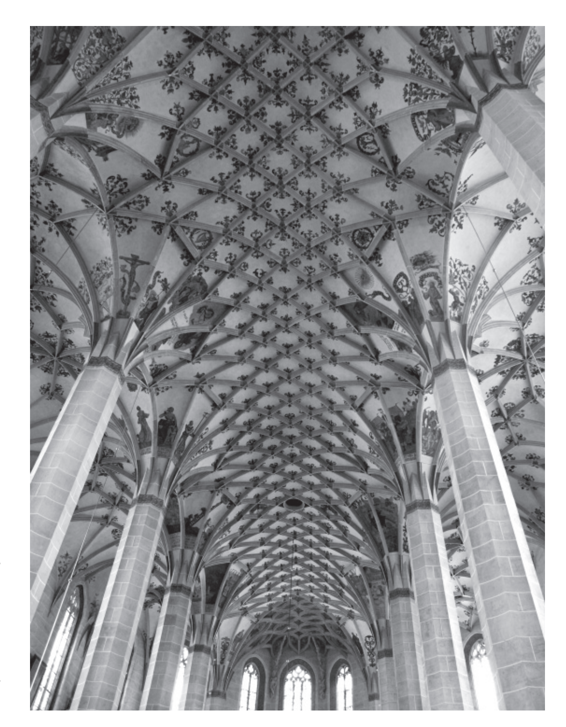


Figura 1
Iglesia de Santa María en Pirna, Alemania (fotografía de los autores, 2015)

En relación con la figura que forma la red de nervios en planta, Rabasa et al. (2015) han localizado en las fuentes escritas tardogóticas centroeuropeas tres tipos recurrentes que sabemos que aparecen en España de forma esporádica: es la situación ideal para localizar los casos de estudio que busca determinar este trabajo. Uno de ellos lo constituyen bóvedas que presentan simultáneamente asimetría respecto a los ejes principales, uno o varios rombos centrales y arcos diagonales parcial o completamente ausentes. Tenemos ejemplos en al menos treinta edificios situados en Polonia, Alemania, Austria, Hungría, República Checa, Francia, Suiza, Holanda y cuatro en España (Senent-Domínguez y López-Mozo 2013; López-Mozo et al. 2015) (figura 2). En las fuentes escritas este tipo de diseño aparece en WS 16818, 16903, 16941, 17015v y 17019; en WG 133 y 140; en WW 262 y en HH 44 y 48. Un segundo tipo estaría constituido por una combinación de cuatro o seis estrellas formando un conjunto único, presente en HH 43, 44 y 48; en CM 02; en WG 24, 100, 140, 164, 205-206 y 213 y en WS 29812 y materializado en bóvedas reales en la iglesia parroquial de Braniewo en Polonia (figura 3). Finalmente, el tercer tipo lo constituyen bóvedas con una estrella de cuatro brazos, con ejemplos construidos en la Iglesia de la Asunción en Ústí nad Labem, en la Rep. Checa, o en la iglesia del monasterio de Maulbronn (figura 4). De este tipo tenemos trazados en las fuentes escritas en HH 43 y 48; CM 03v; WG 106, 108, 180 y 280; WS 16885v, 16895, 16897, 16909, 16965 y 29794 y VA 4.

En las bóvedas centroeuropeas la supresión de elementos del patrón básico de la bóveda de terceletes afecta también a la ligadura en el rampante, a las claves materializadas y, especialmente, a los arcos diagonales. Estos elementos son piezas casi obligadas en el gótico español de todas las épocas. Prescindir de alguno de los ojivos, a la luz de los ejemplos rea-

Figura 2
Iglesia de San Bartolomé en Głogówek, Polonia, ca. 1417-1419, que constituye uno de los ejemplos más tempranos de bóveda asimétrica con rombo central (fotografía de Jakub Adamski, 2012)



Figura 3
Iglesia parroquial de Braniewo, Polonia (Clasen 1958, lám.113)

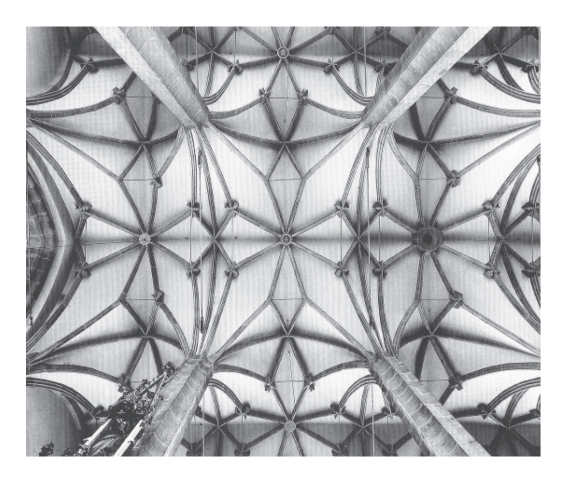


Figura 4
Iglesia de la Asunción en Ústí nad Labem, Rep. Checa (Müller 2005, 88)

les que hemos tenido oportunidad de analizar, confiere al diseño mayor libertad: no hay clave central y, por tanto, no existe un punto de paso obligado. En algún caso de este tipo se han documentado claves secundarias más altas que el punto central (López-Mozo et al. 2015). Tenemos multitud de trazados sin arcos diagonales: por ejemplo, en las fuentes escritas en WS 16903 y 16924; HH 26, 26v, 27, 28, 28v y 29 y en bóvedas construidas en las catedrales de Viena o Meissen. Suprimir la clave para que el encuentro de los nervios sea directo no ofrece más grados de libertad al diseñador; sí resuelve mejor el cruce de arcos a distinta altura, cuando el tradicional cilindro español hubiera resultado demasiado grande, y facilita la construcción en el caso de que la cimbra forme una superficie continua, donde la clave estorbaría. Encontramos bóvedas con claves ausentes en la mayoría de los ejemplos tardíos, como la Sala de Armas del Albrechtsburg de Meissen, la catedral de Freiberg o el castillo de Praga. La supresión de elementos afecta también a las piezas de transición entre soportes y bóveda y, aunque de forma más esporádica, los nervios aparecen también localmente interrumpidos.

Detalles de la configuración constructiva

La autonomía de la red de nervios ya señalada se manifiesta también en los detalles de la configuración constructiva. La nervadura muestra en ocasiones independencia respecto a la plementería, separándose de ella, como ocurre en la bóveda del pórtico de la catedral de Praga, o permitiendo que se pliegue sin nervio bajo la arista, como en la iglesia de Nuestra Señora en Lienzingen. La separación entre nervio y plementería se resuelve a veces macizando la unión con paños verticales, como ocurre en la catedral de Friburgo o en el claustro de la catedral de Basilea (figura 5). Por otro lado, son frecuentes en Centroeuropa los diseños en los que todos los nervios tienen planta curva: tenemos ejemplos en Annaberg, Kötschach o Kuttenberg y en WS 16875, 16875v, 16917, 17003 o 17007; en WG 130 o en CM 1, 8v, 9 y 11v. En las bóvedas tardogóticas centroeuropeas abunda el cruce de nervios a distinta altura, como en las bóvedas rebajadas en la iglesia de Santa Ana en Annaberg o en la iglesia de la Asunción en Most (Rep. Checa) (figura 6). Esta característica es apreciable en los trazados de las fuentes escritas que dibujan los nervios con su ancho, suelen acompañar la planta de una definición de las elevaciones y señalan en ella qué arcos pasan por encima de otros (Rabasa et al. 2015). También es común el cruce de nervios cerca del soporte como se ve en la iglesia de St. Lorenz en Nürnberg o en la iglesia del monasterio de Maulbronn, y en las fuentes escritas en WS 17020 o 17075v: sin embargo, en España sólo lo hemos encontrado en obras atribuidas a Simón de Colonia (Hoag 1958, 29; Gómez Martínez 1998, 141).

Los nervios interiores de una bóveda tardogótica centroeuropea se diseñan de forma general con apa-



Figura 5
Bóveda en la esquina SE del claustro de la catedral de Basilea (fotografía de los autores, 2013)



Figura 6
Bóveda de la sacristía de la iglesia de Santa Ana en Annaberg (fotografía de los autores, 2010)

			Rasgos diferenciales en las bóvedas tardogóticas centroeuropeas
diseño general		1	trazado en red, independiente del tramo
		2	independencia respecto al perímetro
		3	redes superpuestas
		4	todos los nervios de planta curva
		5	diseños asimétricos con rombo central
		6	estrella de cuatro brazos "estilo toledano"
		7	trazado con cuatro o seis estrellas
	supresión parcial o total de	8	ojivos
		9	perpiaños
		10	formeros
		11	ligadura en el rampante
		12	clave materializada
		13	interrupción local de nervios
		14	elementos de transición entre soportes y bóveda
detalles de la configuración constructiva		15	cruce de nervios cerca del soporte
		16	cruces de nervios a distinta altura
		17	aparente sección igual en nervios interiores
		18	prolongación de nervios más allá del encuentro
		19	nervios sin contacto con la plementería
		20	discontinuidad en el plemento sin nervio

Tabla 1
Rasgos diferenciales en las bóvedas tardogóticas centroeuropeas

rente sección igual, y así hemos podido confirmarlo en los casos en los que hemos llevado a cabo una medición precisa.[4] Esta decisión facilita el proceso constructivo y también aparece en las bóvedas españolas, aunque con menos frecuencia. Por otro lado, prolongar los nervios más allá de su encuentro es un recurso frecuente en Centroeuropa (WS 16965 o 17085), que tiene sentido en todos los casos en los que no hay clave materializada que reúna los nervios, y no sólo cuando el cruce es a distinta altura: salvo que haya un plano de simetría común, aunque la sección transversal de los nervios sea idéntica, puede haber molduras que no encuentren obstáculo alguno y deban continuar. En consecuencia, la mejor solución es que todos los nervios sobrepasen el punto de encuentro y queden cortados algo después (Rabasa y López Mozo 2015, en prensa). Podemos encontrar esta configuración en bóvedas construidas en la catedral de Friburgo, la iglesia de San Jorge en Nördlingen, o la iglesia de San Nicolás en Laun.

En la tabla 1 se recogen todas las características descritas, que constituyen rasgos peculiares de las bóvedas tardogóticas centroeuropeas al compararlas con las españolas.

Bóvedas tardogóticas españolas con rasgos centroeuropeos

La revisión de ejemplos construidos en el tardogótico español se ha dirigido a localizar casos cuyo análisis posterior pueda contribuir a afianzar o desmentir una transferencia técnica con Centroeuropa. Esta parte del trabajo se ha apoyado fundamentalmente en los estudios de Gómez Martínez (1998) y Palacios Gonzalo (2003 y 2009): su selección de ejemplos relevantes, complementada por la experiencia propia del equipo, ha constituido la base de análisis.[5]

El primer paso ha sido localizar casos que cumplieran con alguna de las características peculiares del tardogótico centroeuropeo sintetizadas previamente, discutidas en el epígrafe anterior, a las que se

ha añadido la probable intervención de un maestro con experiencia centroeuropea, ya sea por su origen o por los viajes realizados. Estos ejemplos son altamente susceptibles de mostrar resultados interesantes, porque en nuestro país no son frecuentes y la existencia de coincidencias en la comparación con los europeos en cuanto a métodos de diseño tridimensional afianzaría la idea de una transferencia de conocimiento entre maestros. Por el contrario, la falta de relación entre los métodos reforzaría la tesis de una mera copia de apariencia. De esta forma, se ha efectuado una primera selección de ochenta y ocho casos que presentan al menos un rasgo «europeo», que permitiría un estudio comparado al existir ejemplos paralelos en Centroeuropa y España.

En la muestra analizada no ha sido posible localizar ejemplos españoles para todas las características peculiares del tardogótico centroeuropeo. No se han encontrado casos de diseños en los que todos los nervios tengan planta curva, estén interrumpidos localmente, no tengan contacto con la plementería, se crucen a distinta altura o no existan formeros. Por otro lado, las características presentes en un mayor número de ejemplos han sido: ausencia parcial o total de nervios diagonales (cuarenta casos) y aparente sección transversal igual en todos los nervios interiores (cuarenta y ocho casos). El ejemplo que destaca con más coincidencias, presentando seis rasgos centroeuropeos, es la capilla de la Inmaculada Concepción en la catedral de Palencia, atribuible a Simón de Colonia (Gómez Martínez 1998, 95). Además, muestran cinco características la bóveda asimétrica de Juan Guas en el claustro de la catedral de Segovia, la capilla de la Antigua en la catedral de Sevilla y la capilla funeraria de Juan Guas en la iglesia de los santos Justo y Pastor de Toledo, las dos últimas atribuidas también a Simón de Colonia (figuras. 7, 8, 9 y 10).

Contar con una muestra caracterizada de bóvedas españolas según sus rasgos centroeuropeos puede permitir deducir algunas conclusiones. Por un lado, treinta y tres de los ochenta y ocho casos de la prime-



Figura 7. Bóveda de la capilla de Inmaculada Concepción en la catedral de Palencia (cortesía de Javier Gómez Martínez)

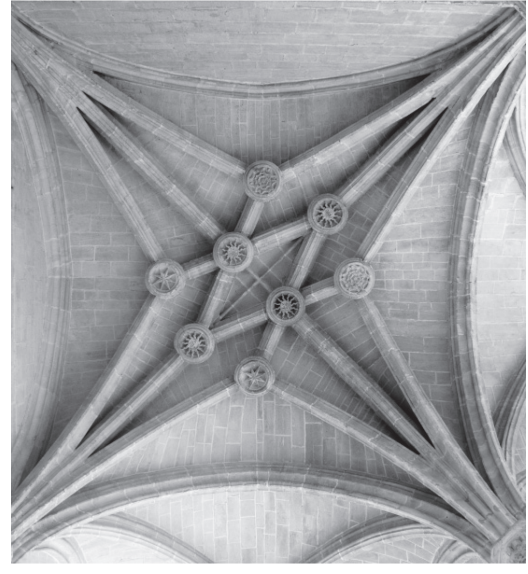


Figura 8. Bóveda asimétrica de Juan Guas en el claustro de la catedral de Segovia (fotografía de Rosa Senent Domínguez, 2013)

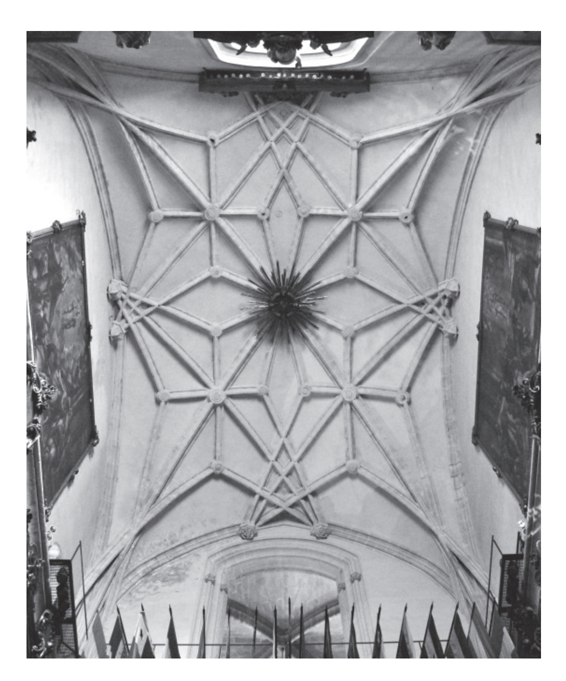


Figura 9
Bóveda de la capilla de la Antigua en la catedral de Sevilla (fotografía de los autores, 2011)

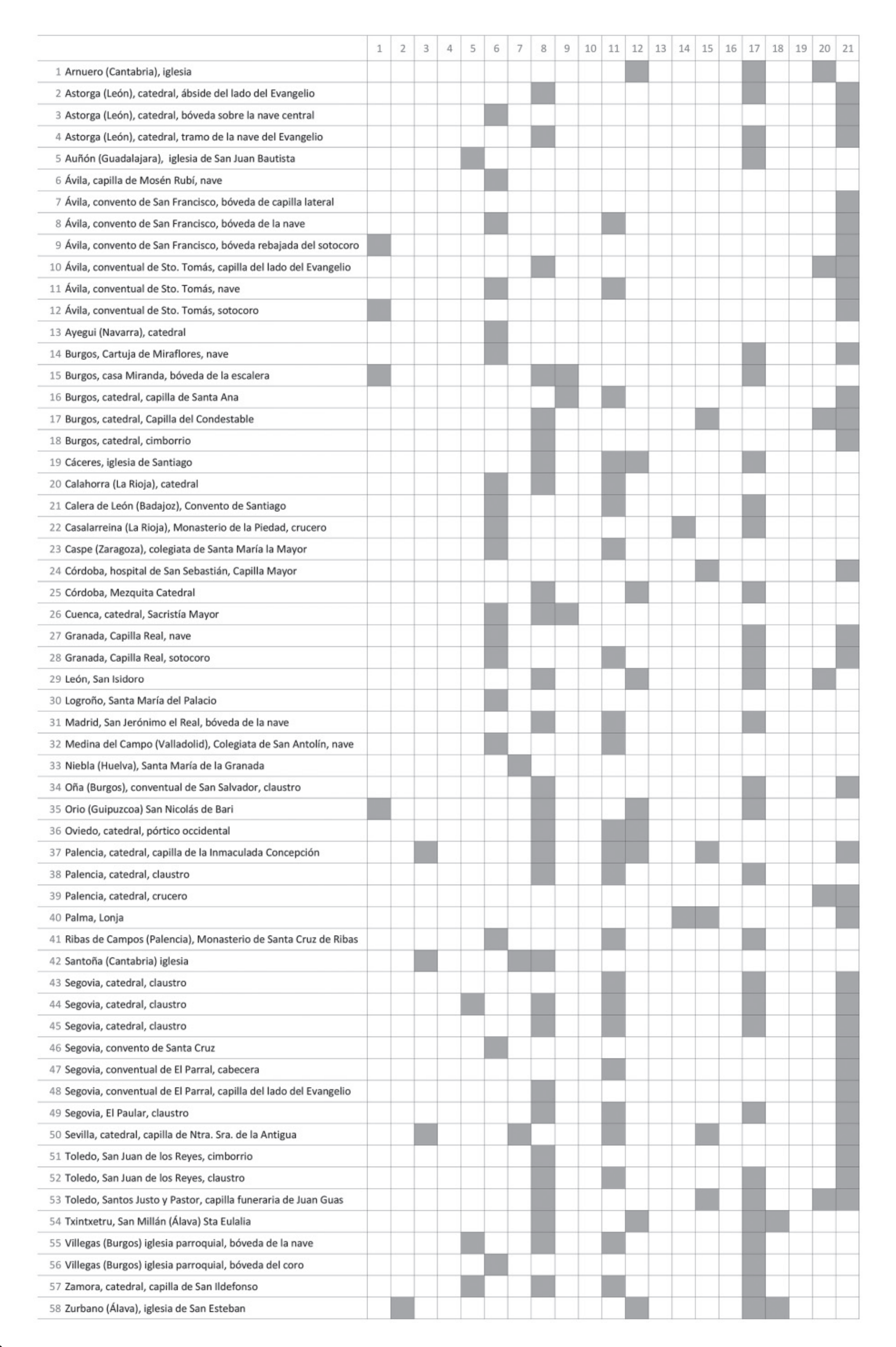


Figura 10
Bóveda de la capilla funeraria de Juan Guas en la iglesia de los santos Justo y Pastor de Toledo (fotografía de Carmen Pérez de los Ríos, 2013)

ra selección muestran un trazado de apariencia centroeuropea: en red, asimétrico de rombo central, estrella de cuatro brazos o cuatro/seis estrellas (ejemplos de todos ellos en figuras 1-4). Este grupo presenta una media de 2,60 rasgos centroeuropeos de cualquier tipo. Es decir, sólo cuentan con algo más de una característica añadida aparte del tipo de trazado. Por otro lado, treinta ejemplos de ochenta y ocho podrían ser atribuibles a un maestro con experiencia centroeuropea, mostrando una media de 3,03 rasgos de cualquier tipo. En consecuencia, la intervención de un maestro con experiencia extranjera conlleva la aplicación de procedimientos constructivos foráneos en mayor grado que la reproducción de un esquema o disposición de nervios. El resto de casos presentan una media de 1,96 rasgos centroeuropeos, menor que la de los dos grupos mencionados. Por lo tanto, sí parece oportuno tomar en especial consideración para un análisis posterior de su configuración tridimensional los casos de bóvedas que presentan un trazado de apariencia centroeuropea o una posible atribución a un maestro con experiencia foránea, y por ello se tendrán en cuenta para establecer filtros de selección en la muestra inicial.

En una segunda etapa se ha valorado cómo establecer criterios para cribar la primera muestra y no sólo reducir el número de casos a estudiar, sino procurar que la probabilidad de acierto con métodos de diseño foráneos sea elevada. Se han establecido seis filtros preferentes de selección, de forma que los casos que cumplan al menos uno de ellos pasarían esta segunda fase. Por un lado, se han seleccionado ejemplos presentando como mínimo tres rasgos europeos de cualquier tipo. Por otro, se ha considerado suficiente la existencia de una característica si ésta corresponde a alguno de los cuatro tipos de diseño mencionados, frecuentes en Centroeuropa y esporádicos en España: trazado en red, bóvedas asimétricas con rombo central, bóvedas con una estrella de cuatro brazos o bóvedas con cuatro/seis estrellas formando un conjunto único. Finalmente, se ha establecido también como criterio suficiente la existencia de una probable atribución a un maestro con posible experiencia centroeuropea. La tabla 2 recoge los cincuenta y ocho ejemplos que cumplen, al menos, con uno de estos filtros.

El mapa de la figura 10 muestra el total de los sesenta y tres edificios donde se encuentran las ochenta y ocho bóvedas iniciales que muestran, al menos, un rasgo europeo, resaltándose en color más oscuro los que cumplen con alguno de los seis filtros de la segunda criba. Considerando que la selección de ejemplos realizada no es exhaustiva pero sí significativa,



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1 Arnuero (Cantabria), iglesia												■					■			■	
2 Astorga (León), catedral, ábside del lado del Evangelio								■									■				■
3 Astorga (León), catedral, bóveda sobre la nave central						■															■
4 Astorga (León), catedral, tramo de la nave del Evangelio								■									■				■
5 Auñón (Guadalajara), iglesia de San Juan Bautista					■												■				
6 Ávila, capilla de Mosén Rubí, nave						■															
7 Ávila, convento de San Francisco, bóveda de capilla lateral																					■
8 Ávila, convento de San Francisco, bóveda de la nave						■					■										■
9 Ávila, convento de San Francisco, bóveda rebajada del sotocoro	■																				■
10 Ávila, conventual de Sto. Tomás, capilla del lado del Evangelio								■												■	■
11 Ávila, conventual de Sto. Tomás, nave						■					■										■
12 Ávila, conventual de Sto. Tomás, sotocoro	■																				■
13 Ayegui (Navarra), catedral						■															
14 Burgos, Cartuja de Miraflores, nave						■											■				■
15 Burgos, casa Miranda, bóveda de la escalera	■							■	■								■				
16 Burgos, catedral, capilla de Santa Ana									■		■										■
17 Burgos, catedral, Capilla del Condestable								■							■					■	■
18 Burgos, catedral, cimborrio								■													■
19 Cáceres, iglesia de Santiago								■			■	■					■				
20 Calahorra (La Rioja), catedral						■		■			■										
21 Calera de León (Badajoz), Convento de Santiago						■					■						■				
22 Casalarreina (La Rioja), Monasterio de la Piedad, crucero						■								■			■				
23 Caspe (Zaragoza), colegiata de Santa María la Mayor						■					■										
24 Córdoba, hospital de San Sebastián, Capilla Mayor															■						■
25 Córdoba, Mezquita Catedral								■				■					■				
26 Cuenca, catedral, Sacristía Mayor						■		■	■												
27 Granada, Capilla Real, nave						■											■				■
28 Granada, Capilla Real, sotocoro						■					■						■				■
29 León, San Isidoro								■				■					■			■	
30 Logroño, Santa María del Palacio						■															
31 Madrid, San Jerónimo el Real, bóveda de la nave								■			■						■				
32 Medina del Campo (Valladolid), Colegiata de San Antolín, nave						■					■										
33 Niebla (Huelva), Santa María de la Granada							■														
34 Oña (Burgos), conventual de San Salvador, claustro								■									■				■
35 Orio (Guipuzcoa) San Nicolás de Bari	■							■				■					■				
36 Oviedo, catedral, pórtico occidental								■			■	■									
37 Palencia, catedral, capilla de la Inmaculada Concepción			■					■			■	■			■						■
38 Palencia, catedral, claustro								■			■						■				
39 Palencia, catedral, crucero																				■	■
40 Palma, Lonja														■	■						■
41 Ribas de Campos (Palencia), Monasterio de Santa Cruz de Ribas						■					■						■				
42 Santoña (Cantabria) iglesia			■				■	■													
43 Segovia, catedral, claustro											■						■				■
44 Segovia, catedral, claustro					■			■			■						■				■
45 Segovia, catedral, claustro								■			■						■				■
46 Segovia, convento de Santa Cruz						■															■
47 Segovia, conventual de El Parral, cabecera											■										■
48 Segovia, conventual de El Parral, capilla del lado del Evangelio								■													■
49 Segovia, El Paular, claustro								■			■						■				■
50 Sevilla, catedral, capilla de Ntra. Sra. de la Antigua			■				■				■				■						■
51 Toledo, San Juan de los Reyes, cimborrio								■													■
52 Toledo, San Juan de los Reyes, claustro								■			■						■				■
53 Toledo, Santos Justo y Pastor, capilla funeraria de Juan Guas								■							■		■			■	■
54 Txintxetru, San Millán (Álava) Sta Eulalia								■				■					■	■			
55 Villegas (Burgos) iglesia parroquial, bóveda de la nave					■			■			■						■				
56 Villegas (Burgos) iglesia parroquial, bóveda del coro						■											■				
57 Zamora, catedral, capilla de San Ildefonso					■			■			■						■				
58 Zurbano (Álava), iglesia de San Esteban		■										■					■	■			

Tabla 2
Relación de bóvedas tardogóticas españolas con mayor número de rasgos centroeuropeos: siguiendo el código QR (o en http://estereotomiadelapiedra.blogspot.com.es/search/label/recursos) se accede a la tabla completa. Los campos 1-20 se corresponden con los especificados en la tabla 1 y el nº 21 indica la intervención probable de un maestro con experiencia centroeuropea



Figura 11
Localización de los edificios donde se encuentran las ochenta y ocho bóvedas iniciales que muestran, al menos, un rasgo europeo: en color más oscuro se muestran resaltados los que cumplen con los filtros añadidos

es evidente que la distribución geográfica muestra una clara escasez de casos en Levante, Andalucía y Galicia, con ejemplos interesantes pero probablemente fuera del marco temporal establecido —siglos XV y XVI— o ajenos al tardogótico. El mapa de trabajo definitivo saldrá de definir una muestra final de ejemplos españoles y europeos en paralelo que permita un análisis comparado para poder afianzar o desmentir semejanzas o diferencias en los métodos de diseño tridimensional para una misma configuración aparente.

Conclusiones

Establecer transferencia técnica de conocimiento sólo a partir de la presencia de determinados maestros en diversos lugares o la similitud aparente de tipologías y ornamentación carece de fundamento suficiente. Sin embargo, estos datos sí pueden ser utilizados como punto de partida de investigación. Con esta idea los hemos empleado, junto con la concentración de características constructivas peculiares del tardogótico centroeuropeo, como criterios de selección de casos de estudio en las bóvedas españolas: después, sólo un análisis de la configuración tridimensional y constructiva podrá avanzar un poco más afianzando o desmintiendo una conexión más profunda, sólo posible entre maestros. Esta primera aproximación al estudio de bóvedas españolas con rasgos centroeuropeos nos ha permitido comprobar que la intervención de un maestro con experiencia extranjera conlleva la aplicación de procedimientos constructivos foráneos en mayor grado que la reproducción de un esquema o disposición de nervios. En consecuencia, una configuración aparente tendría más probabilidad de responder a la mera transmisión de una imagen.

En el conjunto de las bóvedas tardogóticas españolas destaca especialmente la preferencia de sus artífices por no suprimir lo que serían elementos básicos, como arcos ojivos y formeros, opción muy frecuente en Centroeuropa. El diseño tardogótico hispano parece delimitar primero un perímetro exterior, el tramo, para operar luego en su interior. En los trazados centroeuropeos, por el contrario, es frecuente la definición de un volumen general más continuo —independiente del tramo—, un diseño generado de forma centrífuga y una red de nervios que gana en autonomía, acometiendo con frecuencia a bordes y pilares de cualquier manera e, incluso, llegando a separarse de la plementería.

Una de las mayores dificultades a las que se enfrenta el trabajo es la enorme magnitud del patrimonio tardogótico europeo, todavía en parte desconocido. Aunque un control exhaustivo no es necesario para alcanzar los objetivos, sí es importante poder determinar un número suficiente de casos relevantes. Senent et al. (2015) han abordado el establecimiento de las bases y criterios para realizar una catalogación de este patrimonio europeo por medio de una base de datos en internet pensada como herramienta de investigación, estructurada a partir de las características constructivas de las bóvedas.

El objetivo de esta comunicación era definir el mapa de casos significativos a estudiar en España y Centroeuropa para poder profundizar en el estudio de transferencia técnica de conocimiento más allá de similitudes aparentes y presencia de maestros en diversos lugares. Se ha llevado a cabo un esfuerzo para sistematizar criterios generales que constituyan una herramienta potente de análisis y comparación. Sin embargo, no se descarta la consideración de ejemplos que hayan quedado inicialmente excluidos, pero que sean relevantes por otros motivos. En adelante, el estudio posterior empezará, para todos los casos preseleccionados, por la obtención de datos topográficos

o fotogramétricos, fotográficos y documentales. Después, se planteará una hipótesis de configuración tridimensional de la red de nervios, teniendo en cuenta los métodos presentes en las fuentes escritas (Rabasa et al. 2015), y se efectuará un análisis comparado de los ejemplos construidos significativos en Centroeuropa y España abordando, si procede, la elaboración de una cartografía de transferencia de conocimiento.

Notas

1. Proyecto de investigación «La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento», financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (BIA2013-46896-P).
2. Además, se han consultado los sitios web http://www.gotik-romanik.de/ y www.bovedasgoticasdecruceria.com
3. Para referirnos a las fuentes escritas utilizaremos las siguientes abreviaturas: WS (*Wiener Sammlungen*), HH (*Libro de patrones* de Hans Hammer), WW (*Wiener Werkmeisterbuch*), WG (cuaderno del maestro WG de Frankfurt), CM (*Codex Miniatus*) y FA (tratado de Jakobus Facht von Andernach).
4. Bóvedas del claustro de la catedral de Basilea, del crucero de la abadía de Bebenhausen (López Mozo et al. 2015) y bóvedas rebajadas de las catedrales de Meissen y Freiberg, e iglesia de Santa María en Pirna (Martín Talaverano 2015).
5. Esta comunicación se ha desarrollado en estrecha colaboración con los profesores Rabasa, Alonso y Pliego, que presentan en este mismo congreso un trabajo sobre trazados de bóvedas en las fuentes primarias del tardogótico, enmarcado también en el proyecto de investigación mencionado.

Lista de referencias

Andernach, Jakobus Facht von. 1593. *Architektur-Musterbuch des Jakobus Facht von Andernach*. Archivo Histórico de Colonia, Ms. (W*) (Best. 7020) 276. Consultado el facsímil electrónico (30-05-2015) en http://historischesarchivkoeln.de/de/lesesaal/verzeichnungseinheit/173118/Best.+7020+276+I.+Architektur-Musterbuch+des+Jakobus+Facht+von+An

Böker, Johann Josef. 2005. *Architektur der Gothic – Gothic Architecture*. Salzburg: Verlag Anton Pustet.

Bucher, François. 1979. *Architector: The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects.* New York: Abaris Books Inc.

Bürger, S. 2007. *Figurierte Gewölbe Zwischen Saale und Neisse. Spätgotische Wölbkunst von 1400 bis 1600*. Weimer: Verlag und Datenbank für Geisteswissenschaften.

Clasen, Karl Heinz. 1958. *Deutsche Gewölbe der Spätgotik*. Berlín: Henschelverlag.

Frankl, Paul. [1962] 2000. *Gothic Architecture*. Edición revisada por Paul Crossley. New Haven and London: Yale University Press.

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna: bóvedas de crucería.* Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio científico de la Universidad de Valladolid.

Hammer, Hans. *Libro de patrones*. Ms. Cod. Guelf. 114.1 Extrav. en la Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel. Consultado el facsímil electrónico (20-04-2015) en http://diglib.hab.de/?db=mss&list=ms&id=114-1-extrav&lang=en

Hanulanka, Danuta. 1971. *Sklepienia późnogotyckie na* Śląsku. Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich.

Hoag, John D. 1985. *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*. Madrid: Xarait (edición revisada por el autor y traducida por Pilar Navascués Benlloch de la tesis doctoral «Rodrigo Gil de Hontanon: his work and writings. Late medieval and renaissance architecture in sixteenth century Spain», Universidad de Yale, 1958).

López-Mozo, Ana; Rosa Senent-Domínguez; Miguel Ángel Alonso-Rodríguez; José Calvo-López y Pau Natividad-Vivó. 2015. Asymmetrical vaults in Late European Gothic: Basel and Bebenhausen as case studies. *5ICCH. Proceedings. 5th International Congress on Construction History*. Construction History Society of America. Vol. 2, 497-504.

Martín Talaverano, Rafael. 2015. Knowledge exchange for the design and construction of surbased ribbed vaults. *5ICCH. Proceedings. 5th International Congress on Construction History*. Construction History Society of America. Vol. 2, 549-556.

Müller, Werner; Norbert Quien. 2005. *Virtuelle Steinmetzkunst. Der* Österreichischen *und Böhmisch-Sächsischen Spätgotik.* Petersberg: Michael Imhof.

Nussbaum, Norbert. [1994] 2000. *German Gothic Church Architecture.* New Haven and London: Yale University Press.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La cantería medieval. La construcción de la bóveda gótica española*. Madrid: Munilla-Lería.

Rabasa Díaz, Enrique; Miguel Ángel Alonso Rodríguez y Elena Pliego de Andrés. 2015. Trazado de bóvedas en las fuentes primarias del tardogótico: configuración tridimensional. *Actas del IX Congreso Nacional y I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción.*

Rabasa Díaz, Enrique y Ana López Mozo. 2015. Configuraciones formales del gótico tardío en relación con las técnicas de labra. *Sevilla, 1514. Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla (en prensa).

Rixner, Wolfgang y Jerg Reiter. 1445-1599 (Rixner 1445-1515, y aportaciones de Reiter 1540-1599). *Bauhüttenbuch des Wolfgang Rixner*, Wien, Albertina, Cim. VI, Nr. 5. Consultado el facsímil electrónico facilitado por el museo.

Senent-Domínguez, Rosa y Ana López-Mozo. 2013. The dissemination of a model. Juan Guas' asymmetrical vault in Segovia Cathedral and its `close relatives' across Europe. *2nd Forum on Medieval Art / Forum Kunst des Mittelalters, (Freiburg im Breisgau, 18.-21. September 2013)*. Freiburg im Breisgau (no publicado).

Senent-Domínguez, Rosa; Ana López-Mozo, Rafael Martín Talaverano, Enrique Rabasa Díaz y Carmen Pérez de los Ríos. 2015. Late gothic ribbed vaults. Basis for cataloging. *5ICCH. Proceedings. 5th International Congress on Construction History*. Construction History Society of America. Vol. 3, 265-272.

Las aristas en «espiga» de las bóvedas sin cimbra de Extremadura

María López Romero
Vicente López Bernal

La construcción de elementos abovedados sin cimbra o con una cantidad mínima de este medio auxiliar, permite el desarrollo de obras arquitectónicas de importante magnitud con una máxima economía de medios, utilizando a lo largo de la historia, un principio como es el de «hacer más con menos» recursos. Esta solución requiere como acompañante imprescindible, la habilidad y el genio de los responsables de la ejecución, y en general la práctica está más vinculada a la técnica combinada de ladrillo y mortero que a la cantería, aun cuando entre ambas puedan establecerse analogías o incluso en algunos casos convergencias. El proceso casi mágico de colocar dovelas «en el aire» requiere un entendimiento preciso de la mecánica de fábrica que no solo deberá ser estable y segura una vez cerrada, sino que deberá mantener esas mismas condiciones a lo largo del proceso de puesta en obra. Esa habilidad extraordinaria que denotan los maestros en el uso del material les permitirá alcanzar cotas de refinamiento y exuberancia, como en este caso de aristas en espiga, (figura 1) con las que el albañil es capaz de integrar la plástica del aparejo resultante, con un proceso estable de puesta en obra y un funcionamiento mecánico impecable de la fábrica una vez cerrada.

Proceso constructivo

Con carácter general, la ejecución de bóvedas sin cimbra se encuentra muy extendida en el suroeste de la península ibérica, y encontramos numerosos ejemplos desde el sur de la provincia de Salamanca, provincia de Cáceres, mitad norte de la provincia de Badajoz y la zona Oeste del Alentejo portugués. La solución más abundante corresponde a la bóvedas de arista, aún cuando sean numerosos los ejemplos de soluciones en medio cañón, vaídas o de artesón. Está solución de aristas permite arrancar en sus cuatro esquinas mediante hiladas de ladrillo macizo, aproximadamente horizontales, empotradas en el muro, que voladas de forma sucesiva dan forma al arranque de las aristas y conforman el lecho necesario para el apoyo de las hiladas que, con diversas configuraciones, constituirán la superficie de la bóveda (figura 2).

El trazado de la bóveda se realiza a partir de elipses dibujadas en los cuatro muros perimetrales con el sencillo procedimiento de un cordel anclado en los focos. A partir de los puntos de la clave de estas cuatro elipses, mediante dos cuerdas cuyo punto de cruce se eleva, con el auxilio de una regla, en una magnitud denominada como retumbo, arrepio, resubido o mira, equivalente a un tres o cuatro por ciento de la luz de crujía, situándose así el punto de cierre de la bóveda. La habilidad del maestro le permite colocar los ladrillos guiándose por el trazado de los paramentos, las cuerdas de clave y la plomada situada en el punto de cierre, para asegurar el correcto desarrollo de las aristas.

La singularidad del modelo que aquí presentamos consiste en que ese arranque, conocido en el lenguaje de los alarifes como «pechina» se repetirá a lo largo de



Figura 1
Antiguo hospital de Santa María en Plasencia (López Romero 2015)

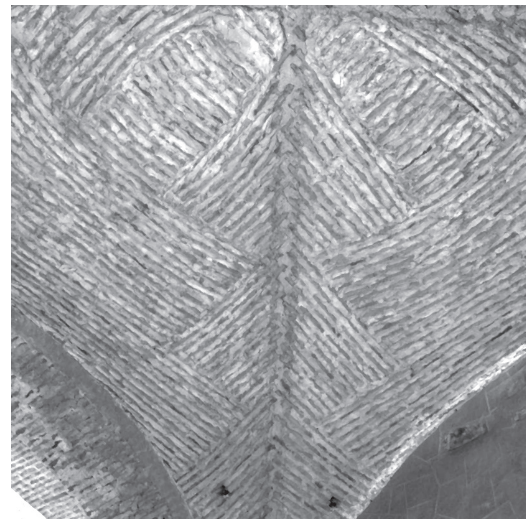


Figura 3
Puerta de Coria en Cáceres (López Bernal 2015)

las aristas hasta alcanzar la clave (figura 3). Estos elementos se configuran como una sucesión de figuras acuñadas sobre las que descargan las hiladas troncocónicas que conforman el resto del plemento. Durante la fase de construcción la estabilidad de los distintos ladrillos que se van colocando se asegura mediante las tres propiedades que define Paredes Guillén en su tratado: adherencia aportada por el mortero, rozamiento de los ladrillos por su inclinación menor de 45º y el «dovelaje» conseguido una vez que se completa la hilada.



Figura 2
Pechina en construcción (Sánchez Silva 2001)

La diferencia respecto a la solución en arista continua es que en esta, las hiladas se van desarrollando de manera concéntrica desde el final de las pechinas de arranque hasta la clave, confiando el funcionamiento final a la continuidad del conjunto. En el caso de la espiga estos elementos se configuran como «nervios» embutidos en el espesor de la fábrica formados por adición de sucesivas «pechinas» de hiladas trasversales a la plementería (figura 4).

La ejecución de las pechinas en la parte más alta de la bóveda exige un mayor cuidado en la puesta en obra para mantener el equilibrio del elemento. En este caso resulta conveniente, antes de de que estas tengan finalizadas las puntas salientes, la ejecución de un par de hiladas troncocónicas que ayuden a arriostrar las cuatro piezas en ejecución.

Equilibrio del conjunto.

Durante el proceso constructivo la estabilidad parcial de la fábrica, cuyas acciones derivan únicamente de



Figura 4
Adarve de Santa María en Cáceres (López Bernal 2015)

su peso propio, queda asegurado en la sucesión de pechinas e hiladas troncocónicas, cuyo cierre de hiladas va generando una sucesión de arcos comprimidos que permiten llegar a la clave desde el propio andamio de trabajo. Podríamos simplificar el modelo de estabilidad en ese proceso, a cuatro bielas comprimidas coincidiendo con las aristas que parten de los cuatro puntos más bajos de la bóveda y quedan unidas en su punto más alto por otras cuatro bielas que coinciden con las últimas hiladas concéntricas que van cerrando la plementería.

Ahora bien, una vez cerrado el conjunto y sometida la bóvedas a las cargas derivadas del trasdosado y las sobrecargas, que pueden ser de considerable magnitud, encontramos que la bóveda así aparejada se convierte en el antifunicular de las cargas: una serie de arcos menores (las hiladas troncocónicas) descargan sobre dos nervios diagonales (las espigas) configurando así una sorprendente identidad entre el aparejo de la fábrica y una hipotética serie de líneas de empuje capaces de determinar la estabilidad del conjunto, cuyo único límite viene fijado por la resistencia al vuelco de los muros en los que apoya.

Se ha estudiado un caso concreto de bóveda cuyo esquema constructivo se representa en planta (figuras 5 y 6) con unas dimensiones aproximadas de 5x5 metros. La flecha de los arcos elípticos de encuentro con los paramentos es de 1,05 y el peraltado de la clave central respecto a los puntos más altos de dichas elipses es de 22 cm. El ladrillo empleado tiene unas dimensiones aproximadas de 31x14x3 cm. La configuración de las aristas se realiza mediante seis puntas de flecha que alcanzan hasta el cierre de la bóveda (figura 7). La comprobación de la estabilidad del conjunto se ha realizado mediante estática gráfica, asignado en primer lugar un conjunto de secciones de directriz elíptica paralelas a los muros perimetrales, con una anchura equivalente a dos hiladas de ladrillo más mortero y un espesor igual a la dimensión menor del ladrillo, cuyas líneas de empujes descargan sobre los dos arcos diagonales. A su vez estos arcos diagonales se han comprobado con la resultante de los empujes anteriores y las acciones correspondientes a una sección hipotética de anchura variable desde los 20 cm en la clave hasta los 50 cm en el apoyo y un espesor equivalente a la dimensión menor del ladrillo. En estas condiciones, despreciando el empuje que puede transmitir la plementería a los paramentos laterales, la bóveda trasdosada y con una sobrecarga de 3 kN/m², soporta una tensión en la fábrica a la altura las pechinas que no llega a superar los 220 N/cm². Respecto a la situación de la línea de empujes, esta se encuentra siempre dentro del núcleo

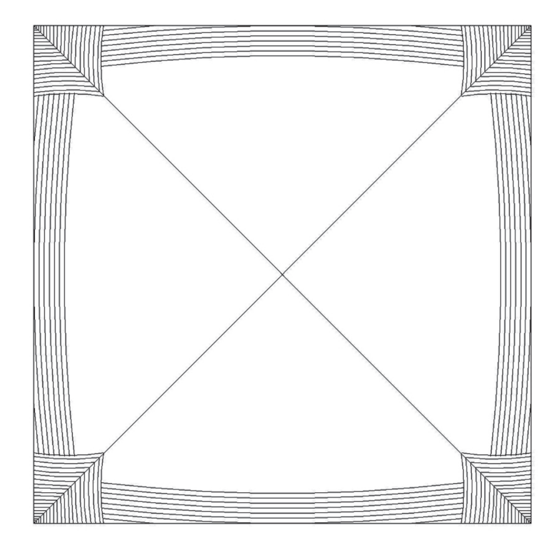


Figura 5
Proyección del arranque de bóveda de arista ejecutada sin cimbra. (López Bernal 2015)

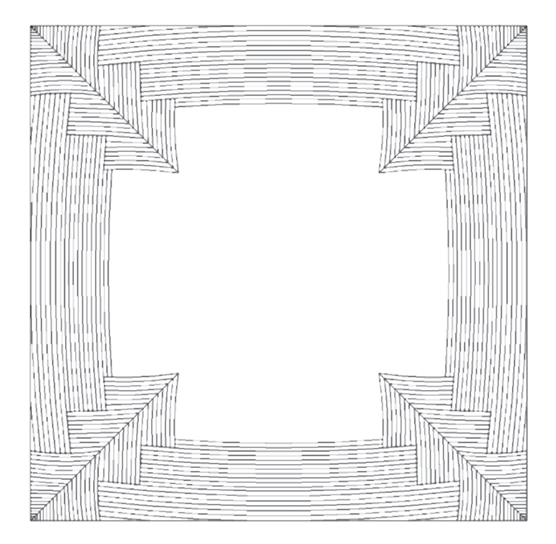
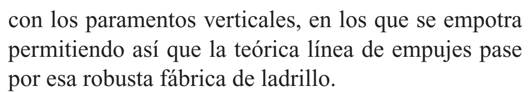


Figura 6
Proyección en fase intermedia de bóveda en espiga ejecutada sin cimbra. (López Bernal 2015)

central de la hoja, salvo en lo que se refiere a la pechina de arranque, que como ya se ha indicado, se realiza continua en toda su altura hasta el encuentro



con los paramentos verticales, en los que se empotra permitiendo así que la teórica línea de empujes pase por esa robusta fábrica de ladrillo.

Aproximaciones al modelo de espiga en los tratados

La solución constructiva descrita no aparece en los tratados que hacen referencia a la construcción sin cimbra, sin embargo, una observación detallada de los mismos, nos permite extraer algunas relaciones no casuales entre los métodos descritos y esta depurada puesta en obra de la bóveda de ladrillo sin cimbra.

El primer tratado al que haremos referencia será el *Libro de Traças de cortes de Piedras* en el que podemos apreciar en el caso de «capilla por yladas cuadradas» la similitud con el aparejo de hiladas concéntricas de nuestra bóveda de ladrillo (figura 8). En este caso las dovelas de los rincones configuran una espiga de similar matriz aunque en sentido contrario, dado que la solución en piedra resuelve hiladas concéntricas que deberán sustentarse, al menos, hasta el cierre de cada una de ellas y en caso del ladrillo, se trata de hacer viable la ejecución del elemento sobre



Figura 7
Espacio comercial en la Calle Pintores de Cáceres (López Bernal 2015)

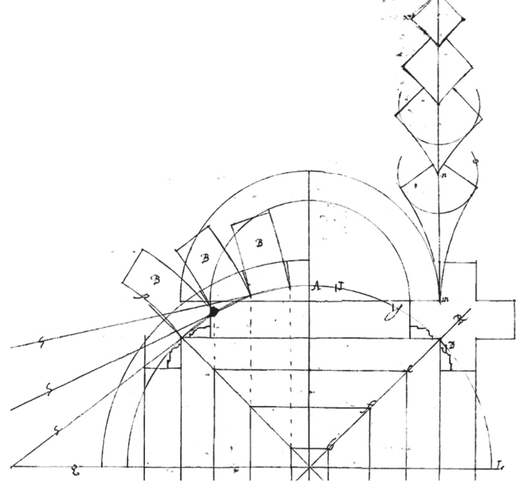


Figura 8
Página del manuscrito de Alonso de Vandelvira título 98, capilla cuadrada por yladas cuadradas

el precedente, sin necesidad de la cimbra como sistema auxiliar.

La interesante descripción que se hace del trazado geométrico de las dovelas que habrán de conformar los rincones de encuentro de las hiladas concéntricas, pone de manifiesto la precisión necesaria para conseguir la formación de la bóveda con esta solución:

> Resta, agora, digamos de la manera que se sacan las plantas de los rincones. Para lo qual, as de ber en qué altura se alian por su cercha, que ba de rincón a rincón, qu'es el medio çirculo A, y, así, allarás qu'el rincón f se alla en el punto g, y el rincón h se alla en el punto I, y el rincón L se alla en el punto m y el rincón n se alla en el punto o. Sabidas las alturas de los rincones por su cercha A, sacarás las plantas d'esta manera: qu'en una línea a plomo echarás la altura de lo que sube el primer rincón, qu'es lo que ay de la R a la g; echallo as de la S a la t en la línea a plomo. Luego, desde el punto t echarás a la mano derecha una cercha con el altura de una dobela de la parte mayor, qu'es la cercha r, y a est´otra parte echarás desde el dicho punto t una cercha con la altura de una dobela del arco menor, como pareçe la cercha V. Y desde el punto S echarás la cercha x que toque a la cercha r y desde este punto abrirás el conpás y echarás la cercha que naçe del punto t açia arriba y la junta cortarás al punto donde salieron estas cerchas de los lechos. Y a est´otra parte echarás desde el punto S, echarás la cercha, que toque a la cercha V, y desde el dicho punto echarás la çercha que naçe del punto t y cortarás la junta al punto donde salieron estas dos çerchas de los lechos. Y así queda sacada la planta de la primera piedra del rincón. Y por la orden d'ésta sacarás las demás. Y, traçados los rincones, cunplirás las yladas con las plantas que pareçen en la traça, cada una para su ylada, como ellas mismas demuestran (Vandelvira S XVII, 97).

Contrastan este nivel de detalle y conocimiento de la geometría descriptiva, desplegados en la estereotomía de las dovelas, con la sencillez de medios utilizados en la construcción de las bóvedas de ladrillo. En nuestro caso, la geometría se limita al trazado de la elipse con dos clavos y un cordel a partir de los dos focos obtenidos a partir del eje mayor de la misma. Desde aquí todo el proceso se controla mediante el buen ojo del maestro para seguir la curvatura de las cuatro elipses trazadas en los paramentos o arcos de arranque y la referencia de la plomada central, para asegurar que las dos aristas diagonales no se salen del plano vertical que las contiene.

Será Vicente Paredes en su *Tratado de Bóvedas sin cimbra* quien, por primera vez desde una visión local pero con un gran conocimiento de la realidad y la metodología ampliamente difundida, tratará de poner en valor estos depurados procedimientos constructivos sistematizando su razón de ser constructiva y describiendo la geometría resultante de esos métodos (figura 9). Su condición de arquitecto con buen conocimiento de la estática gráfica le permitirá contrastar la idoneidad de las soluciones, aplicándolas en obras concretas por él realizadas, como en el caso de las iglesias de Santa María y San Juan en Don Benito (Badajoz). Lamentablemente este tratado nunca llegó a publicarse y los conocimientos empíricos de albañiles y maestros siguieron transmitiéndose mediante la práctica continuada del oficio. A pesar de todo debemos reconocer las interesantes aportaciones del Arquitecto, fundamentalmente en lo que se refiere a la justificación física de la bondad del proceso y a la definición geométrica de las superficies generadas durante la puesta en obra, (figura 10) imprescindibles para la estabilidad de las piezas con anterioridad al fraguado del mortero. Resulta interesante la descripción del trazado por cuanto muestra la sencillez de los medios necesarios y el eficaz control del proceso que estos permiten:

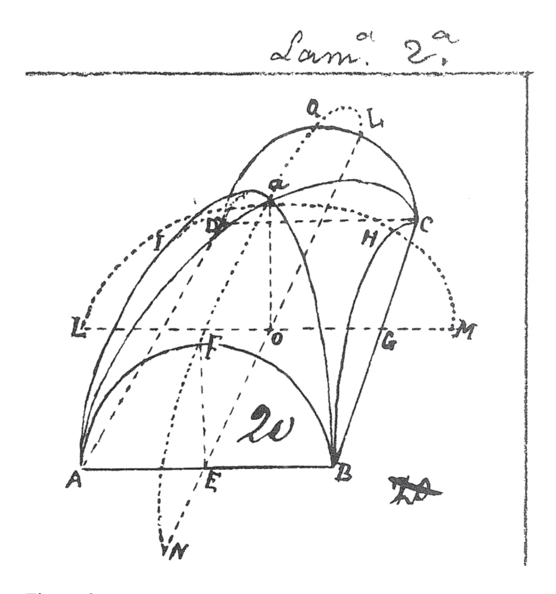


Figura 9
Descripción de la geometría de la bóveda de aristas distinguiéndola de la intersección de dos cañones (Paredes [1883] 2004, f 20)

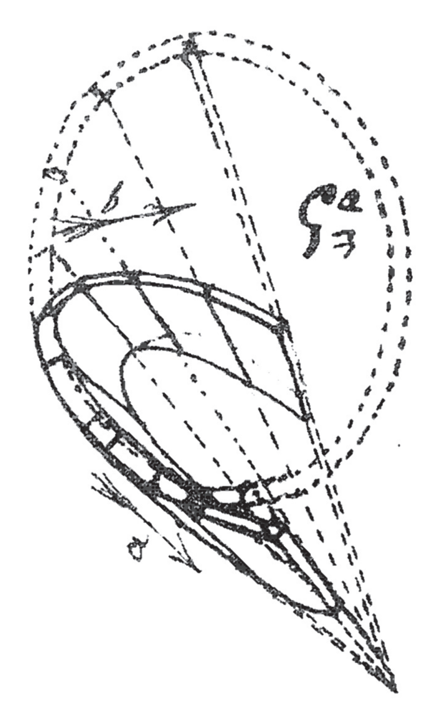


Figura 10
Hoja troncocónica en la que la fuerza del dovelaje mantiene la estabilidad (Paredes [1883] 2004, f 5)

Para proceder a la construcción, si suponemos que es un espacio cuadrado ABCD, fa 35, (figura 11) cerrado por cuatro muros, como indica la figura, trazaremos en cada uno de ellos una semicircunferencia, si queremos que sean de arco cumplido, de modo que sus puntos más altos F, G, H, I, estén en un mismo plano horizontal, haremos las rozas de enganche tales como ya lo hemos esplicado, después, en cada uno de los puntos H, F, G, I, pondremos un clavo; al H y F ataremos los estremos de una cuerda de una longitud un poco mayor que las distancias que las separa y otra del mismo modo a los G, I. Hecho esto, en donde se cruzan las dos cuerdas, se cogen por una tercera, se tira hacia arriva de ésta y se ata a un punto más alto, situado en la vertical que pasa por el centro de la bóveda; y como las dos cuerdas son un poco más largas que las distancias que separa sus estremos, el punto O, quedará más alto que los H, G, I, F. A esta distancia del punto O a el plano que contiene las H, G, I, F se llama mira cuya longitud ha de estar en relación con el tamaño de la bóveda y es la que determina la inclinación de las generatrices de los cañones que la forman; y deve ser mayor esta relación a medida de la poca práctica del operario, fijándose como términos entre los que varía de 1/20 a 1/30 de la luz, por mas que no hay en conveniente hacerlas de 1/10 si los operarios no tienen costumbre de hacer las bóvedas. Las cuerdas OF, OG, OH, OI, se llaman gías. Del punto O se ata un perpendículo el cual sirve de alidada de las aristas en el curso de la construcción.

Preparado del modo dicho se procede a asentar los dos primeros ladrillos en cada uno de los cuatro ángulos de la bóveda o arranques y para que formen el principio de las aristas con más perfección, se cortarán a inglete y sentarán según indica la f.a 36, pero cuando se ha llegado a enroscar, ya no es necesario este corte y basta sentarle tal como indica la f.a 37 si se ha de enfoscar y enlucir después, en cuyo caso el lucido forma la arista viva; sin embargo de que descubierto no hará mala vista si el albañil lo hace con perfección. Se segirán sentando las demás hiladas como esplicamos en la bóveda en cañón, hasta llegar a el enrosque. Una vez llegado a enroscar, han de tener los operarios el cuidado de que el vértice de intradós, o sea el ladrillo que hace clave en cad rosca, toque a su guía correspondiente, de que cada rosca lleve la curvatura de la primera, para lo que se irá desalaveando por visuales dirigida de los puntos de las aristas inferiores de los cantos de las rosca en construcción a sus correspondientes de la directriz o primera rosca; y así como los vértices de intradós de las cuatro roscas, que se unen dos a dos en un mismo punto de la arista, están en un mismo plano horizontal, del mismo modo lo han de estar los

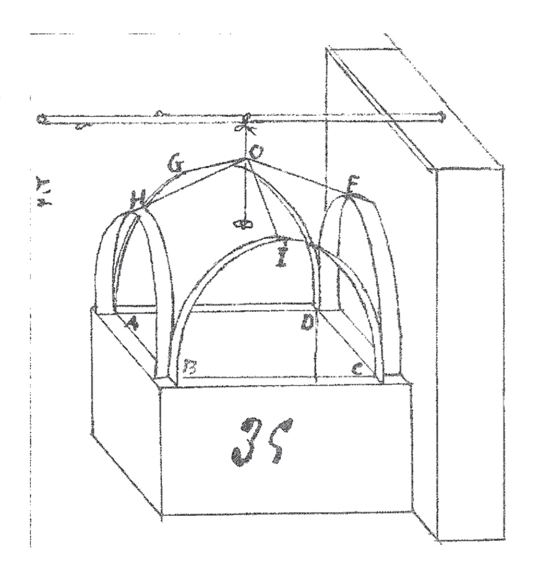


Figura 11
Replanteo y trazas de la bóveda de aristas (Paredes [1883] 2004, f 35)

cuatro puntos de unión, por ser la bóveda de planta cuadrada (Paredes 1893, 107).

En el caso de Auguste Choisy en el *Arte de construir en Bizancio*, describirá de forma profusa la construcción sin cimbra de forma casi idéntica a como lo han venido realizado nuestros maestros de obras hasta la actualidad. Pone especial atención este autor en la transición de las aristas, muy acentuadas en los arranques, hasta una superficie casi esférica donde aquellas prácticamente desaparecen en el tercio superior de la bóveda. Vemos que lo que se atribuye en el caso bizantino al método de generación adoptado en nuestro caso, no es más que el peraltado de la clave respecto a los arcos de los muros perimetrales, y su práctica se realiza sin atender en absoluto a la geometría resultante de los arcos diagonales que resulta siempre intrascendente. A partir de la construcción de la bóveda de cañón, mediante hiladas inclinadas y troncocónicas describe la aplicación del método a las bóvedas de aristas y cúpulas. Es interesante, por su aproximación a la espiga, señalar la solución de bóveda esférica «en la que se alternan hojas paralelas a los planos diagonales y a los formeros», donde se aprecia la sucesión de superficies triangulares esféricas generadas en las diagonales de la bóveda, de forma que se interrumpe la continuidad de las juntas en la plementería de la superficie esférica (figura 12). El plegado de esos triángulos esféricos para su adaptación a la solución de aristas, nos daría como resultado una figura muy próxima a la punta de flecha hacia la que evolucionaron, con su práctica, los constructores de Extremadura.

En la publicación que sobre Construcción Civil realiza Ger y Lóbez, se pone de manifiesto un gran conocimiento, tanto de la práctica cotidiana que se lleva a cabo en el territorio en el que el autor desarrolla su labor, como de las publicaciones nacionales y extranjeras que en ese momento son de actualidad (entre las que sin duda se encuentra Choisy, al menos para la confección de la edición de 1885). Al igual que el autor en el que presumiblemente se inspira, va describiendo correlativamente la solución para bóvedas de cañón arrancando desde los paramentos extremos, para pasar al aparejo en el encuentro de dos cañones que da la pauta para realizar la bóveda de aristas y en forma similar la bóveda vaída:

La bóveda vaída llamada tapa de coche apoya en cuatro, paredes ó arcos los dos medios ab, cd que forman un ángulo (figura 13). Para la construcción, de la bóveda, se

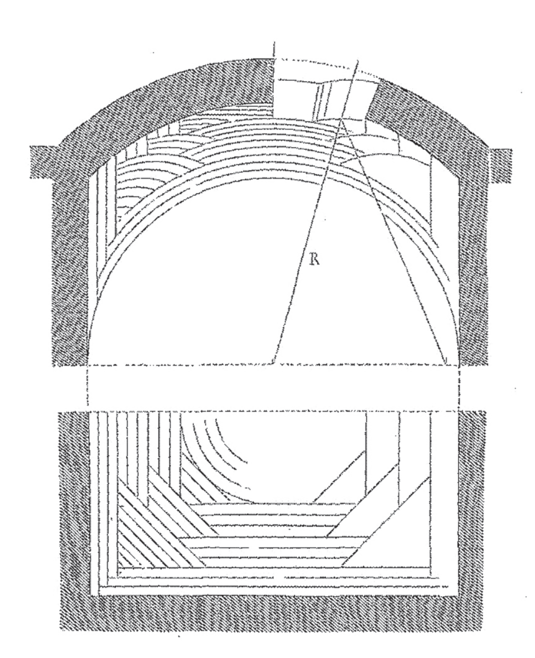


Figura 12
Alternancia de hojas paralelas a los planos diagonales con hojas paralelas a los formeros. (Choisy [1883] 1997,106)

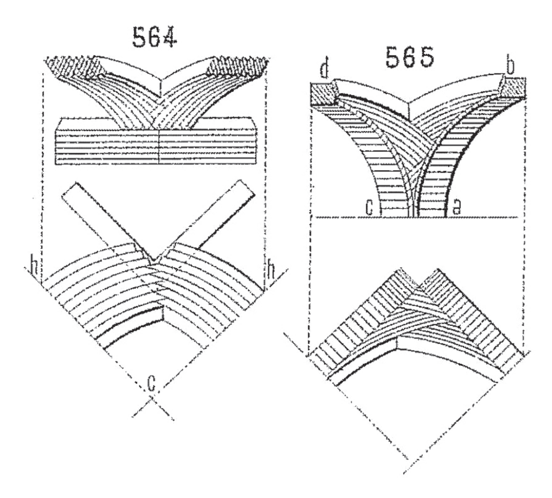


Figura 13
Proceso constructivo de la bóveda de aristas por extensión del método aplicado al cañón y su traslación a la bóveda vaída. (Ger [1898] 2001, f 564 565)

> preparan los arcos ó paredes con un corte oblicuo, donde apoyar las hojas y se empieza por sentar en los cuatro ángulos unas hojas desde un arco, el cd por ejemplo, al otro ab. Sobre ellas apoyan otras tantas hojas que van á recostarse sobre .el arco cd, y así se continúa apoyando las hojas sobre la sentada últimamente hasta que se llega a los vértices de los cuatro arcos; en cuyo caso se sigue sentando hojas todo alrededor hasta cerrar la boveda con una pirámide de base cuadrangular cuyo vértice se halla en el centro del intradós. Pudiera adoptarse también el sistema de hiladas por zonas, de lechos cónicos, ó el de hacerlas paralelas a los arcos de cabeza ó paredes (figura 14) de modo que se encuentran en la curva meridiana am que parte del asiento inferior de la pechina (Ger y Lóbez 1885, 259).

El capitán de ingenieros, D, Antonio Albarrán, publica en la revista Memorial de Ingenieros del Ejercito «Bóvedas de ladrillo que se ejecutan sin cimbra», con objeto de describir una técnica que se utiliza en Extremadura donde según el autor todas las bóvedas se ejecutan del modo indicado, cubriéndose con ellas los sótanos, aljibes, habitaciones de los pisos bajos y todas las casas de labor. Allí encontramos una interesante descripción del procedimiento, desde un punto de vista eminentemente práctico, justificando las bondades y economía del mismo en el que hace referencia al trabajo de Ger y Lóbez en lo relativo a bóvedas sin cimbra. Nos interesa señalar la solución que describe para el caso de bóveda vaída (a la que el denomina en rincón de claustro), con sucesión de cuatro hiladas troncocónicas que se van apoyando sucesivamente sobre la última de la secuencia anterior (recostándose sobre las anteriores), en esa búsqueda reiterada de evitar la fisuración por el encuentro de hiladas de ladrillo en las dos diagonales de la bóveda (figura 15).

> Dichas bóvedas en rincón de claustro siempre están apeadas por cuatro arcos ó muros, donde se trazan los arcos de intradós y las correspondientes cajas análogas á las de las anteriores bóvedas. La ejecución es la misma que en las anteriores: se empieza por los cuatro ángulos haciendo dos, tres, cuatro hojas opuestas 1,1-2,2-3, 3... apoyadas en los muros ó arcos ab, dc, y arrancando de ad, bc; después se apoyan otras tantas hojas I', r-2',2'-3', 3'... en los arcos ad y bc arrancando de las hojas ya construidas; continuándose luego del mismo modo; es decir, arrancando siempre las hojas de las últimas construidas y

Figura 14
Proceso de hiladas por zonas de lechos cónicos y proceso de hiladas paralelas a los arcos de cabeza o paredes. (Ger [1898] 2001, f 566 567)

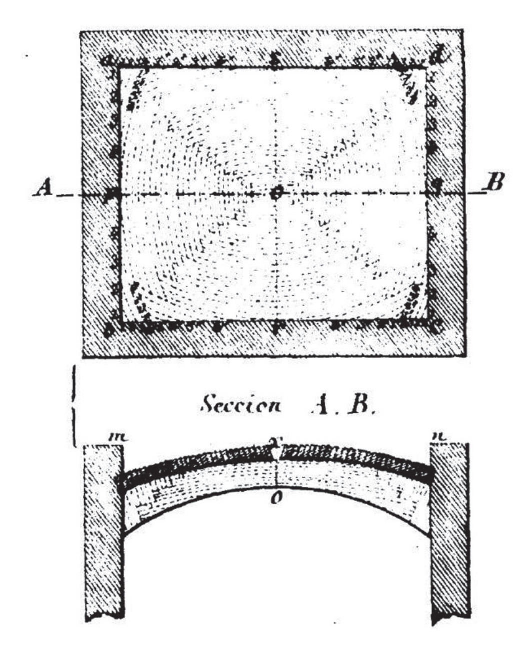


Figura 15
Ejecución de bóveda vaída (Albarrán 1885, f16)

> apoyándose ó recostándose sobre las anteriores; de este modo y efectuando las hojas opuestas á la vez se llegará al vértice, cuya abertura presentará la forma de una pirámide truncada de base rectangular, y cortando los ladrillos en forma de cuña el cierre no ofrece dificultad. Se guía la construcción valiéndose de una regla m n colocada encima de dos muros opuestos y en sus puntos medios, y dos cuerdas pq, rs , atadas á los vértices de los arcos; a la intersección de estas cuerdas se une otra ox y se ata al punto medio de la regla mn, atirantándola más ó menos según se quiera que la bóveda tenga más ó menos peralte; el objeto no es más que marcar el vértice de la bóveda y que las cuerdas que van de uno á otro arco guíen la construcción. (Albarrán 1885, VIII 88)

Con su visión sobre el interés práctico de la solución, realiza una precisa valoración de los costes de ejecución de la bóveda, considerando los materiales necesarios y el tiempo de ejecución para unos operarios hábiles. Esto le permite concluir que el coste final es, en general, inferior al que habría de destinarse sólo para la ejecución de una cimbra.

Conclusiones

La construcción de aristas mediante espigas sucesivas, constituye una evolución de la solución tradicional de encuentro de hiladas troncocónicas en la arista de la bóveda con los siguientes resultados:

Contiene una indudable expresión plástica de la habilidad del maestro, y por ello se utiliza primordialmente en aparejos que vayan a quedar vistos.

Mecánicamente permite reforzar un punto frágil y lugar de presencia de fisuras, derivado de la unión de las hiladas concéntricas en una línea crítica como es la arista de la bóveda.

El comportamiento final de la bóveda en su forma de trabajo frente a las sobrecargas de uso y la transmisión de empujes a los muros perimetrales, es idéntico al de las soluciones tradicionales en tanto estos derivan de su geometría final, y de la continuidad del material.

La economía de medios y coste de la ejecución en espiga, se mantiene en las mismas condiciones que la solución convencional en tanto la cantidad de material empleado es idéntica, la cimbra sigue siendo un elemento innecesario y será finalmente la habilidad del artesano la que determinará un plazo de ejecución similar para esta solución.

La numerosa presencia de esta solución en el territorio del Suroeste peninsular con mayor densidad en lugares como Moura, Olivenza, Plasencia, o Cáceres permitiría un proceso de catalogación del modelo para su difusión y protección.

Lista de referencias

Albarrán, José. 1885. «Bóvedas de ladrillo que se ejecutan sin cimbra». *Memorial de Ingenieros del Ejército*. Revista quincenal. Número de 15 de febrero de 1885 y siguientes.

Boguerin, F. J. 1855. «Construcción de bóvedas de ladrillo sin el auxilio de cimbras ni yeso». *Revista de Obras Públicas*, 3, mayo de 1885.

Choisy, Auguste. 1997 (1883) *El arte de construir en Bizancio*. Santiago Huerta Fernández, Francisco Javier Girón Sierra (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU 1997

Fortea Luna, M. y V. López Bernal. 1998. *Bóvedas extremeñas. Proceso constructivo y análisis estructural de bóvedas de arista.* Badajoz: Colegio Oficial de Arquitectos de Extremadura.

Ger y Lóbez, Florencio. 1898. *Tratado de Construcción Civil por Florencio Ger y Lóbez*. Badajoz: La Minerva Extremeña. (Edición facs. Badajoz: Diputación de Badajoz, 2001)

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Paredes Guillén, Vicente. 1883. *Construcción sin cimbra de las bóvedas de ladrillo con toda clase de mortero*. Manuscrito, (Ed 2004 Mérida Consejería de Fomento Junta de Extremadura. Estudio y transcripción Francisco Javier Pizarro Gómez, José Sánchez Leal).

Sánchez Leal, José, 2000, «Bóvedas extremeñas y alentejanas de rosca y sin cimbra», *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Sevilla, 26-28 octubre 2000*, eds. A. Graciani, S. Huerta, E. Rabasa, M. Tabales. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Sevilla, Junta Andalucía, COAAT Granada, CEHOPU.

Senent Domínguez, Rosa. 2011. «Las bóvedas irregulares del tratado de Vandelvira. Estrategias góticas en cantería renacentista», *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*, eds. S. Huerta, I. Gil Crespo, S. García, M. Taín. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Vandelvira, Alonso de. s.XVII. *Libro de Traças de cortes de Piedras.* Manuscrito. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. (Versión digitalizada: Colección Digital de la UPM, http://cdp.upm.es/)

La Historia de la Construcción o la Construcción de la Historia

Ana Angélica López Ulloa

Una mirada a la literatura de la Historia de la Construcción, nos presenta un panorama, tranquilo, seguro y sereno, lo cual nos llevaría a suponer que no hace falta profundizar en este tema, sin embargo existen varias razones para considerar que este diagnóstico general no es precisamente el más adecuado. Por un lado la Historia de la Construcción es narrada mediante una suerte del conocimiento de materiales y técnicas en ciertos periodos de tiempo, y por otro es analizada según la profesión en la cual se destaque el proyecto constructivo analizado. La tendencia para la construcción de la Historia es hacia una investigación lineal, secuencial, metódica, rígida y mecánica (figura 1), pero la realidad en la cual nos encontramos nos exige el desarrollo de una construcción histórica diferente.

Para realizar el análisis de cómo podría desarrollarse en la actualidad la Historia de la Construcción, se inicia con el estudio del proyecto constructivo, en el cual se destaca en primer lugar, entender conceptualmente lo que es la Historia de la Construcción, y en esta, el empleo de técnicas de la construcción, profesiones involucradas, tendencias artísticas y fragmentación en su concepción y desarrollo. Posteriormente se presenta un análisis de como se ha producido el desarrollo de la Historia de la Construcción, con sus principales protagonistas, luego se reflexiona sobre cómo entender la Historia de la Construcción en la actualidad, y finalmente se analiza la posibilidad de construir una Historia Contemporánea, más próxima a la realidad, la cual se construye a partir de investigar el proyecto constructivo como un proyecto vivo, dinámico, inter y transdiciplinario, para un mundo en el que rige lo complejo.

El proyecto constructivo

Santiago Huerta define a la Historia de la Construcción como el estudio cronológico de las técnicas aplicadas a la construcción de obras de arquitectura e ingeniería civil (Huerta 2009, xiii). Efectivamente varios historiadores en cada texto, articulo, tesis o ensayo de Historia de la Construcción, en mayor o menor medida tienen en común la narración de una cronología de eventos a manera de un proceso evolutivo en el cual se relata como la construcción ha ido variando según «los materiales, los conocimientos, las condiciones sociales, y las ideas» (Huerta 2009, xi), en cada fracción de tiempo en la cual fue desarrollada.

Las técnicas de la construcción y su atención se remontan a varias épocas, Santiago Huerta indica el interés de Vitruvio, por las construcciones griegas (figura 2); el de Brunelleschi, Aliberti, Ziegler, Winckelmann, por las romanas; o el de Robert Willis en la primera mitad del siglo XIX, por la arquitectura gótica, e indica que el ingeniero francés «Auguste Choisy, puede ser considerado, con toda justicia, como el padre de la Historia de la Construcción» (Huerta 2009, xvi), por el desarrollo de sus textos sobre la construcción romana (1873), la construcción

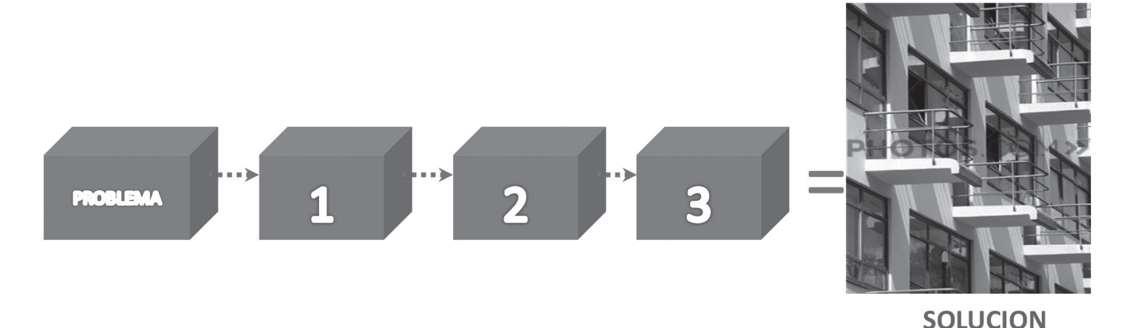


Figura 1
Investigación lineal tradicional (ilustración de la autora 2015)

en Bizancio (1883), la construcción en Egipto (1904) y la *Histoire de l'architecture* (1899); señalando además que con el paso del tiempo, debido al aparecimiento de nuevos materiales y el desarrollo de nuevas estructuras dentro del movimiento moderno, el interés por la Historia de la Construcción desaparece bruscamente a comienzos del siglo XX, empezando a ser considerada una disciplina independiente en los años 1980.

Respecto a quien o quienes están involucrados en el desarrollo del proyecto contructivo, en general, este se enfoca directamente en el constructor, el cual en un inicio fue un artesano que trabajo con lo que encontraba en su medio, así destacan varios historiadores que una de las primeras construcciones es el dolmen, trabajado con dos piedras y un techo en una suerte de trabajo tosco, realizado según se expone como una manifestación de templo para adorar dioses, o para enterrar a sus muertos. Posteriormente existe la intervención de un especialista llamado Ingeniero, con el cual se envuelve la construcción de la obra civil en una etapa productiva, en un inicio bajo un conocimiento empírico, artesanal, construye ayudándose de instrumentos primitivos las viviendas y obras complementarias, pero, como tiene que atender la construcción de elementos de guerra para el ataque o la defensa «se especializa» y nace el ingeniero militar.

Esta es tal vez, la iniciación de la división de esta actividad importante de los hombres. El perfeccionamiento del oficio con la ayuda del cálculo, geometría, uso de materiales, permite crear métodos que dan mayor seguridad a lo construido, pero cuando a más de la seguridad y utilidad se añaden el elemento comodidad y conceptos filosóficos idealizados por los sentimientos, como los de la felicidad, la belleza, lo estético, y la planificación como un factor fundamental, da origen a la Arquitectura. La Arquitectura es vista como oficio y por largo tiempo, construye obras monumentales. Se dice que esta rama especializada de la construcción apareció en la Mesopotamia y Egipto de la antigüedad y se afirma que por tiempo indeterminado, se encontraba en manos del grupo de sacerdotes tanto del rito pagano como del monoteísta. La Ingeniería y la Arquitectura, caminan paralelas en cuanto a la actividad de la construcción de la obra civil, hasta que en tiempos posteriores se desligan teóricamente del espacio de acción; la Inge-



Figura 2
Grecia, templo de Poseidón (foto de la autora 2011)

nería construye la obra pública, y militar mientras que la Arquitectura la vivienda.

Las ciencias y la tecnología avanzan y la Ingeniería como profesión ha rebasado el estrecho campo de su actividad en la construcción de la obra civil y militar, para «englobar» prácticamente a toda la actividad humana empujada por el desarrollo de la cultura y la civilización, que incluso se ha permitido «crear» nuevas necesidades a veces hasta ingenuas y no precisamente imprescindibles, para dar paso a la «cultura del consumo». Con el tiempo la Ingeniería como ciencia y profesión, llega a especializarse por áreas de acción. Es conocido y generalizado, el concepto que la Ingeniería tiene injerencia directa o indirecta, como sujeto que crea y fabrica o construye. No es gratuito el criterio que la investigación en general, no tenga el soporte de algunas de las múltiples ramas de la ingeniería. En los últimos tiempos, desde el fin de la segunda guerra mundial hasta nuestros días, lo práctico y científico ha rebasado a lo sentimental y de alguna manera como sucedió con la Arquitectura hace aproximadamente cinco mil años, el hombre esta vez busca incorporar al objeto fabricado con la frialdad práctica de su uso, calidad o comodidad, elementos como conceptos de belleza, estética, como un refuerzo desesperado de la cultura del consumo (figura 3).

Hasta aquí lo que se sostiene es una fragmentación en cuanto a que le compete a cada profesión respecto al tema construcción, pero existe otra fragmentación más y es la que se da no solamente en los actores que intervienen en esta rama de la construcción, sino en la manera en que va desarrollándose el proceso constructivo, en este lo que destaca es el uso de materiales, herramientas, técnicas, tecnología entre otros factores que hacen que la construcción vaya modificándose en cada época. Otros libros por su parte sostienen el cambio y avance constructivo como un cambio cultural y social, en el que se involucra lo ideológico y lo político gracias a lo cual se sostiene un lenguaje de formas y estilos, en la construcción se habla entonces de cómo se involucran las tendencias artísticas como sustento de formas en las cuales van inmersas movimientos como: el Arts. & Crafts, Modernismo (figura 4), Art Nouveau, Art Déco (figura 5), El Pop Art, La Modernidad, La Posmodernidad, el Ecodesign, entre muchísimos otros movimientos más. Así dependiendo el texto, el enfoque para narrar el desarrollo del proyecto constructivo, toma distintos matices, que van desde cuestiones profesionales, hasta sociales, culturales, biológicas, sicológicas, de



Figura 3
Nueva York, rascacielos de Manhattan (F. López 2008)



Figura 4
Barcelona, iglesia de la Sagrada Familia (foto de la autora 2011)



Figura 5
México D.F., edificio El Moro, sede de la Lotería Nacional (F. Castillo 2010)

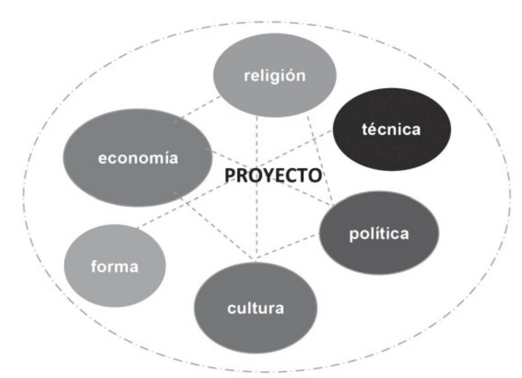


Figura 6
Condicionantes de un proyecto (ilustración de la autora 2015)

materiales, tecnologías, políticas, de mercado, religiosas y otras.

Desarrollo de la Historia de la Construcción

La Historia de la Construcción en su mayor parte, ha sido narrada en gran medida desde una postura cronológica, mecánica, cuidando la linealidad en el tiempo, se investiga y se reporta lo encontrado bajo esta retórica, enmarcada en un pensamiento asertivo, racional, analítico y reduccionista. Cuando se hace referencia al ser humano en este modo de presentar la Historia de la Construcción, se toman en cuenta valores asertivos, de competición, de cantidad y ante todo de dominación. En cuanto a la profesión involucrada en realizar el proyecto de construcción, también es analizada de manera fragmentada en múltiples especialidades, en la cual pueden participar: ingenieros, arquitectos, diseñadores de interiores, ingenieros eléctricos, ingenieros sanitarios, ingenieros acústicos, etc. Sin embargo el proyecto de construcción, no deja ni dejara de estar inmerso en distintos campos profesionales y bajo diversas condiciones económicas, sociales, culturales, técnicas, formales, políticas, religiosas, que sirven para contextualizarlo en cierta dimensión que le es propia y que sirve para entender por qué surge, se desarrolla y es aceptado o rechazado por quienes lo utilizan (figura 6).

Hoy su práctica proyectual esta «directamente imbricada al desarrollo de los procesos de globalización económica, política y cultural que desde hace más de veinte años dominan en una buena parte el mundo, por otro lado la práctica profesional está directamente relacionada con el crecimiento exponencial de los sistemas tecnológicos» (Pérez Cortés 2003). En el desarrollo de obras constructivas, estas dejan de ser una simple obra, siendo necesario analizarlas como un complejo sistema, en el cual no se parte únicamente de materiales, o se analiza lo desarrollado por profesionales de manera aislada, sino que también se involucra al ser humano en este desarrollo, en esta historia de la construcción que se va construyendo.

Entender la historia de la construcción en la actualidad

Continuar entendiendo la Historia de la Construcción como una serie de datos cronológicos, lo que termina por apoyarnos es en repetir una serie de datos que terminan siendo insuficientes para el conocimiento profundo de cada construcción y su verdadero apor-

te, no es suficiente entenderla de manera parcelada, dividida, fragmentada, sino integrada, en la cual se reflexione, se reconozca, se situé y se problematice. En la actualidad para entender de mejor manera como se produjo y sigue produciéndose la Historia de la Construcción, se torna necesario no entender cada manifestación constructiva como un elemento aislado, porque en esta se conjugan constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidos por una comunidad, que conforman una particular visión de la realidad que a su vez, es la base del modo en que dicha comunidad se organiza.

Cada construcción en distintos niveles y medidas está estrechamente ligada a seres humanos, los cuales no son solo lo cultural o lo social, por el contrario son seres multidimensionales, porque en ellos está presente también lo biológico, lo ideológico, lo espiritual, lo lógico, lo empírico, lo moral, lo ético y mucho más, es un ser que trabaja con lo preciso pero también con lo ambiguo en su relación con lo construido, todo el tiempo percibe, se emociona y se manifiesta en un juego de orden, desorden y organización. Entender cada obra construida no es un proceso estático, ni numérico, ni estadístico, o solamente estructural, es un proceso de formas, colores, proporciones y escalas, en esta se encuentra una multiplicidad de sentidos, que van desde lo local, regional, pero también lo periférico, las obras construidas no son solamente materia también son energía, y se envuelven en la complejidad de su tiempo.



Figura 7
Equipo multidisciplinario de un proyecto (ilustración de la autora 2015)

Por otro lado pretender explicar la Historia de la Construcción desde disciplinas aisladas, parece ser ya una práctica que carece de sentido, las fronteras en las disciplinas son cada vez más difusas, porosas, inciertas, y menos infranqueables, entender una obra de construcción no es solo entender su parte numérica de cálculo, porque para que pueda existir fueron necesarias técnicas, procesos tecnológicos, científicos, artísticos y de tendencias de diseño según la época en que fueron concebidas. Proyectar, programar, planear, calcular y diseñar, no le competen a una sola disciplina, para cristalizar una obra de construcción es necesaria la participación de diversas prácticas profesionales, las cuales forman parte de un sistema de organización, control, regulación, y desarrollo, en una suerte multidisciplinar y transdiciplinar (figura 7).

Construir una historia contemporánea

Construir la Historia actualmente implica, adentrarse en una investigación más profunda en la que se coloque a la obra construida como un rizoma, como un sistema vivo, con una red de eventos, para la cual se pueda plantear un pensamiento más integrativo, intuitivo, sintético, holístico, no lineal, con una búsqueda de valores asociados a lo integrativo, la conservación, la cooperación, y la búsqueda de la calidad. Cómo se puede desarrollar una Historia Contemporánea de la Construcción sin tener en cuenta que se vive en un mundo real y virtual, en el cual la cultura digital rebasa los planteamientos tradicionales de forma, aquí, «la materia se volatiliza, el objeto condensa y encarna al sujeto, lo real y lo virtual se superponen, el fondo y la figura se confunden, el color se vuelve forma, la opacidad y la transparencia se vuelven relativos» (Pérez Cortés 2003).

Como narrar el proceso Histórico de la obra de Zaha Hadid, la primera arquitecta en ganar un Pritzker, y que entre sus trabajos se encuentran, la Vitra Fire Station de Weil am Rhein (1993), el BMW Central Building, de Leipzig (2004) (figura 8), el Phaeno Science Center de Wolfsburg (2005), el Banco Central de Irak (2011), el Skay Soho de Shanghai (2014); o las obras de Frank Gehry, el Museo Guggenheim de Bilbao (1997) (figura 9), el DZ Bank de Berlín (1999), o el Pritzker Pavilion de Chicago (2004); o intentar contar la historia de la obra de

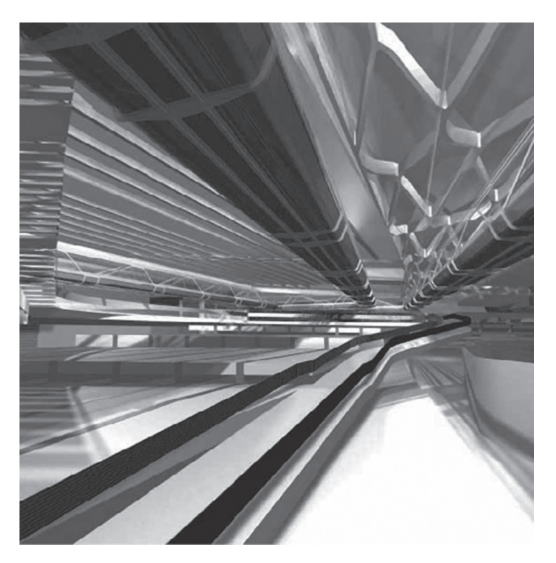


Figura 8
Leipzig, BMW Central Building (Web Pritzker Prize 2004)

Wang Shu, el History Museum de Ningbo (2003-2008) (figura 10), con los elementos tradicionales de narración fragmentados, y sumergiéndose en un forcejeo por explicar lo realizado dentro de formas, figuras, contrastes, texturas y materiales, inmersos en una sola disciplina, la arquitectura.

Hoy es el momento de los materiales mixtos, compuestos, inteligentes, que posibilitan el desarrollo de proyectos constructivos en formas ilimitadas, en una producción y organización en redes, con infinidad de posibilidades artísticas, gracias a la paleta electrónica y química que se posee, se pueden concebir infinidad de propuestas y gracias a los ordenadores y a la tecnología actual pueden ser realizados. Para la construcción de la Historia actual se requiere entenderse al proyecto de construcción inmerso un proceso transdiciplinario de profesiones, entre las que se encuentran la Ingeniería, Arquitectura, Diseño, Informática, Robótica, entre otras. Quien narra la Historia de la Construcción actualmente, se verá inmerso en un proceso en que debe ser capaz de singularizar lo que analiza tanto por su apariencia como por su estructura, conceptualización, entorno, materiales, procesos, etc. Pero también tener la habilidad de entender al ser humano que los habita, sus características, modos de vida, deseos, aspiraciones, y algo muy actual en el diseño, la experiencia de quien se encuentra en el espacio analizado.

Tratar de desarrollar una Historia de la Construcción Contemporánea, solamente teniendo en cuenta la obra construida apartada de quien la habita es continuar con las prácticas tradicionales que se han generado hasta hoy, es quedarse afuera, ser espectador, no participar de la profundidad de la sustancia de un conocimiento más profundo más trascendental más próximo a lo que pasa con la obra construida, es seguir creyendo que el mundo es estático y que la Historia de la Construcción no pertenece a un proceso de diseño vivo.



Figura 9
Bilbao, Museo Guggenheim (F. López 2009)



Figura 10
Ningbo, History Museum (Web Pritzker Prize 2008)

Conclusiones

Hablar o analizar la Historia de la Construcción, mediante una cronología lineal de eventos, solo con los conceptos de formas, figuras, materiales, composición centrada «en la Gestalt, la iconología, la psico (socio)logia de la imagen, es sumergirse cada vez más en un círculo vicioso…es apartarse de la realidad que hoy nos envuelve, es seguir girando en redondo, es vivir en otra era, no en esta» (Pérez Cortés 1998).

Construir la Historia es entender el proyecto, el cual va más allá de considerarlo como únicamente una forma más su estructura. Es pensar en el proyecto de construcción mediante un esquema de análisis evolutivo no lineal, mediante un especie de rizoma, red, que va desde la particularidad, lo contextual, lo global y lo multidimensional, en un análisis de las múltiples relaciones, interacciones con los materiales, con el ser humano que lo habita, el entorno del cual forma parte, mediante un proceso sistemático.

La lógica bajo la cual se puede basar el desarrollo de la Historia de la Construcción, es mediante la articulación de conceptos, formas, lenguajes, condensando la realidad de la época en la cual fue realizado el proyecto, y así presentar una obra propia con sustento que no se agote con la pura observancia, es intentar llegar a la esencia del porqué de su existencia.

Lista de referencias

Choisy, Auguste. 1899. *Histoire de l'architecture*. Paris: Gauthier-Villars.

Choisy, Auguste. 1997. *El arte de construir en Bizancio*. Huerta, S. y J. Girón (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX.

Choisy, Auguste. 1999. *El arte de construir en Roma*. Huerta, S. y J. Girón (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX.

Choisy, Auguste. 2006. *El arte de construir en Egipto*. Huerta, S. y G. López Manzanares (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU, CEDEX.

Girón, Javier y Santiago Huerta (eds.). 2009. *Auguste Choisy 1844–1909. L'architecture et l'art de bâtir*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta, Santiago. 2009. «Historia de la Construcción: la fundación de una disciplina». *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Valencia 21 - 24 de octubre de 2009*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

López, Ana. 2005. *Fundamentos para la proyectacion de los objetos*. Ambato: CCE.

López, Ana. 2014. *Fundamentos del diseño. Desde la perspectiva de la complejidad*. Ebook. México: Editorial digital del Tecnológico de Monterrey.

Morin, Edgar. 2001. *El Método: Las ideas*. Madrid: Ediciones Cátedra.

Pérez Cortés, Francisco. 2003. *Lo material y lo inmaterial en el arte-diseño contemporáneo: Materiales, objetos y lenguajes virtuales*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Pérez Cortés, Francisco. 1998. *Ciencias y artes para el diseño*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Web Pritzker Prize 2004. http://www.pritzkerprize.com/2004/works (acceso 2015)

Web Pritzker Prize 2008. http://www.pritzkerprize.com/sites/default/files/gallery_images/wang-shu-ningbo-history-museum-03.jpg (acceso 2015)

San Francisco de Quito: la construcción de la ciudad colonial española

Fabián S. López Ulloa

La fundación española de San Francisco de Quito en 1534, sobre un terreno complicado a 2854 metros sobre el nivel del mar (figura 1), se debió fundamentalmente a su condición estratégica, que ya lo era para la primitiva ciudad indígena, sobre una pequeña planicie atravesada por varias quebradas, y circundada por algunas colinas o promontorios en las faldas del inmenso volcán Pichincha.[1] Lo que a varias ciudades de la península ibérica significaban sus murallas, para Quito lo eran sus quebradas[2] (figura 1), baluartes que sin embargo, con el paso del tiempo, cedieron al crecimiento urbano, para lo que se contó con la construcción de puentes y rellenos para poder conectar directamente los alrededores, dando continuidad al incipiente trazado geométrico, sobre la base del anterior trazado indígena, y que derivó en el cumplimiento de las nuevas ordenanzas de 1573 «las que por primera vez se preocupaban de la ciudad indiana...que indicaban el lugar y modo de fundar una ciudad, la construcción de edificios, plazas, calles y sus medidas y de las zonas comunales, así como el modelo de trazas determinadas» (Martín y Múscar 1992, 129).

Se identifican por tanto en la ciudad colonial española de Quito y aún entrada la república, varios sistemas constructivos empleados en su consolidación, comenzando por su definición urbana a través de sus manzanas, calles y plazas, continuando con los acomodos en quebradas, con sucesivos rellenos y canalizaciones, construcciones hidráulicas, escalinatas y puentes, hasta los más complicados recursos utilizados en su arquitectura, para el levantamiento de los grandes complejos religiosos, incluidos algunos túneles de intercomunicación, siempre teniendo en cuenta los sismos que, tras varios estragos hicieron mejorar las distintas soluciones estructurales, a la par de las adquiridas de la tradición indígena.

En cuanto a los modelos arquitectónicos, la influencia española otorgo su particular identidad a todo tipo de construcciones, reconociéndose un modelo común para las viviendas con el tipo andaluz, con crujías, patios y huertas, en tanto que para los complejos religiosos y edificios de gobierno, una organización similar, pero con un marcado carácter monumental, configurando núcleos o centralidades normalmente con frente a plazas y atrios. En estos grandes edificios y solo en determinadas casas principales se manifestó el poder de sus ocupantes, a través de determinados recursos arquitectónicos, en portadas, torres, balcones, entablamentos, escalinatas, pórticos, cubiertas y un sinnúmero de elementos, en los que se ha identificado reproducciones de los grandes tratados de arquitectura[3] y algunas variantes endosadas a la influencia del conocimiento y la mano de obra indígena.[4]

Se destaca además en la ciudad que nos ha llegado hasta hoy, su implantación urbanística, un damero apenas alterado en cinco siglos (figura 2), acomodado a la compleja topografía, apenas esquivando los grandes desniveles y por tanto generando muchas calles de importante pendiente, dando como resultado las más singulares soluciones estructurales y de dise-



Figura 1
Quito, centro histórico en las faldas del volcán Pichincha (foto del autor 2012)

ño a los tradicionales modelos implantados, teniendo como consecuencia una tipomorfología[5] muy particular, que es lo que entre otras cosas, le ha valido para formar parte de la lista del Patrimonio Mundial de la Humanidad de la UNESCO.[6]

Se pretende en la presente comunicación resumir y sistematizar una serie de trabajos relacionados con la edificación y técnicas constructivas del Quito colonial español, que han centrado su estudio a partir de las usadas por los poblados de la cultura Quitu Cara o Preinca y del Inca o Prehispano.[7]

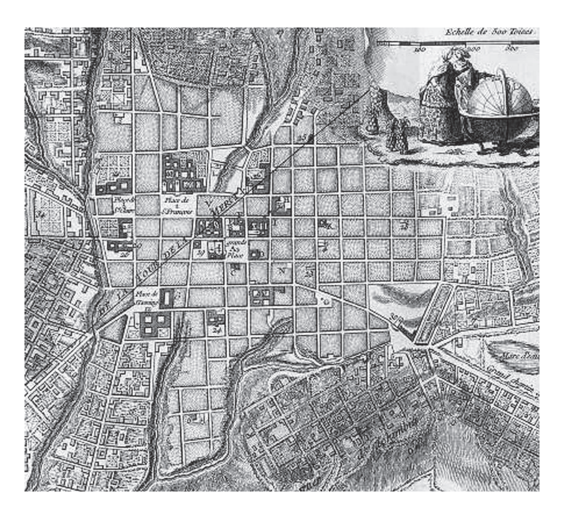


Figura 2
Quito, detalle del damero del núcleo colonial español (La Condamine 1751)

La consolidación del esquema colonial

Las primeras referencias sobre la ciudad española de San Francisco de Quito dan fe hasta finales del siglo XVI,[8] de la configuración de cinco plazas y alrededor de cincuenta manzanas, habiendo para entonces ya absorbido la principal quebrada, llamada de Sanguña, que cruzaba la zona central de la fundación, a escasos metros de la Plaza Mayor, actual Plaza Grande, quebrada sobre la cual se acabó edificando algunos de los edificios más emblemáticos de la ciudad, como el complejo de la Compañía de Jesús o la iglesia del Sagrario; quedando como demarcaciones naturales por mucho tiempo todavía, sendas quebradas en los límites suroccidental y nororiental. Se identifican para entonces el establecimiento de veinticuatro propiedades eclesiásticas,[9] teniendo como baluarte la gran manzana en donde se llegó a edificar el mayor complejo religioso de Latinoamérica, el convento e iglesia de San Francisco, sobre una parcela de más de treinta y cinco mil metros cuadrados (figura 3):

> San Francisco integra el pensamiento manierista de los tratadistas europeos, como Sebastián Serlio o Vignola, y a la vez la sutileza de los artesonados mudéjares de la carpintería de lo blanco…, de ese tratado, de Serlio… surgió la magnífica escalinata de su atrio. Un diseño que nunca se realizó en Europa y que, sin embargo, se habría de construir en América (Gutiérrez 2003, 7).

La consolidación del esquema colonial en el actual centro histórico de Quito, se ha mantenido en cuanto al trazado y la permanencia de varios de sus edificios religiosos, mientras que de la arquitectura civil, militar y administrativa quedan pocas referencias de época colonial, pero sí de origen republicano, muchas de ellas edificadas a partir de las anteriores, sea por superposición, reforma u obra nueva, pero manteniendo las mismas técnicas constructivas.

No obstante, dicho damero y algunos edificios sufrieron un incipiente embate de la modernidad en el siglo XX, con la implantación de una nueva planificación y la inserción de algunos edificios de corte racionalista, a partir de la difusión del hormigón armado. Por suerte, ante el escándalo que suscitaron dichas intervenciones, se pudo detener, sellándose con la pro-

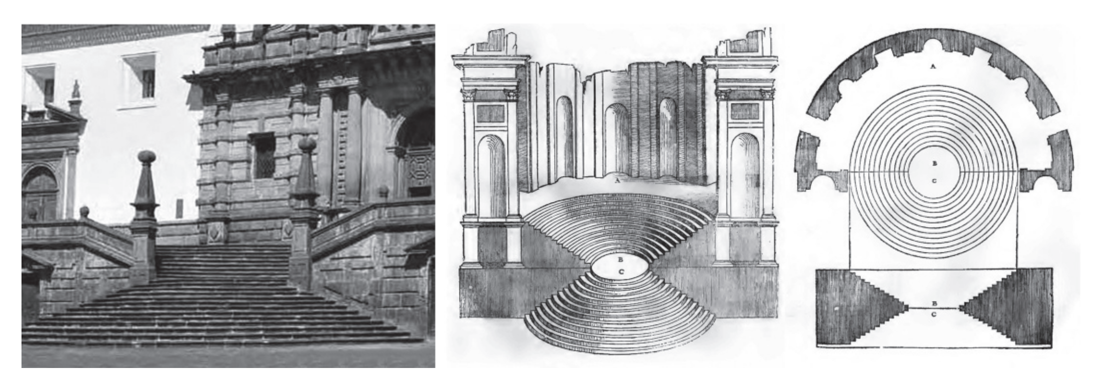


Figura 3
Quito, convento de San Francisco, escalera del atrio y dibujos del tratado de Serlio (Serlio 1544)

mulgación de las Normas de Quito de 1967, cuyo propósito, fue dar un nuevo impulso al desarrollo del continente americano a partir de la revalorización de los bienes patrimoniales (López 2004, 60).

Elementos, técnicas y materiales

Hablar de los elementos arquitectónicos, las técnicas y materiales utilizados en la ciudad colonial de Quito, es hablar de la fusión de las técnicas ancestrales de los propios indígenas y de las llevadas por los colonizadores españoles en las distintas ciudades, y que halló en Quito a partir del uso de la piedra en las construcciones aborígenes, un recurso para materializar las primeras edificaciones,[10] cuya disponibilidad junto a otros materiales, fueron imprimiendo su sello distintivo a cada ciudad a lo largo del callejón interandino, teniendo en común la utilización de una gran cantidad de mano de obra indígena.

En este sentido Quito se inicia con una rudimentaria construcción constituida por modestas viviendas teniendo a las plazas como ejes articuladores, y termina consolidándose con grandes casas con patios y pórticos, iglesias, conventos, edificios administrativos y de servicios, empleándose materiales como la tierra, varios tipos de piedra, ladrillo, adobe, paja, madera o teja.

Para sistematizar el uso de técnicas y materiales, se presenta a continuación una descripción de los distintos elementos de edificación en la consolidación de la ciudad colonial, comunes para toda la obra arquitectónica.

Cimentaciones y obras públicas

Hablar de la calidad del suelo en el núcleo de fundación de Quito es hablar de un terreno duro, en donde se utilizó cimentaciones de piedra andesita -sin existir la tradición de construir sótanos- y para el caso de

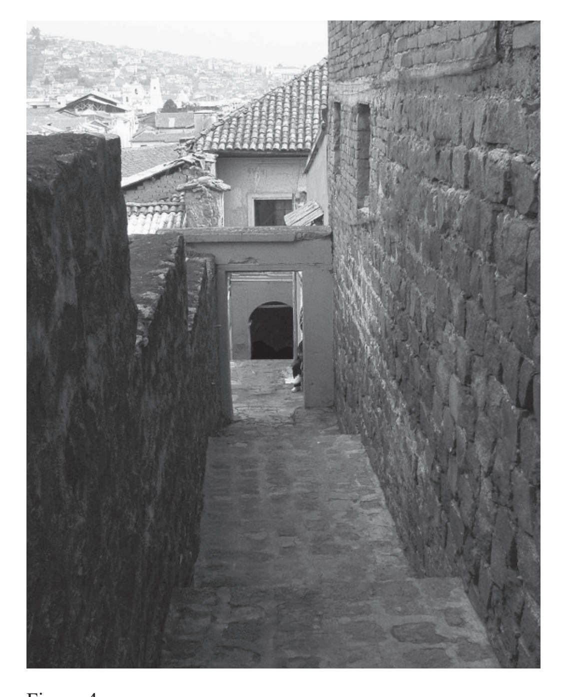


Figura 4
Quito, antiguo hospital de San Lázaro, cimentaciones de piedra (foto del autor 2003)

grandes obras en combinación con arcos de cimentación de ladrillo, o de arcos y contraarcos, por ejemplo el del complejo de la Compañía de Jesús, para poder construirse sobre el relleno de la quebrada de Sanguña,[11] así como el uso de grandes muros de contención para los edificios construidos en las pronunciadas pendientes inmediatas (figura 4). En cuanto a las calles y plazas, espacios llanos de suelo al natural, excepcionalmente empedradas o adoquinadas, las plazas con grandes fuentes de piedra fundamentalmente utilitarias para el abastecimiento de agua. En el resto de obras públicas, principalmente los canales para la conducción de aguas y los puentes, con cimentaciones de piedra andesita y estructuras combinadas con arcos y bóvedas de piedra y ladrillo.

Muros y tabiques

A partir de las bases de piedra, los edificios se consolidaron con el uso de muros de abobe (figura 5), piedra, cangahua, tapial y ladrillo, estos dos últimos introducidos por los españoles. El adobe y el ladrillo utilizado además para determinadas ornamentaciones en los últimos años de la colonia, labrándolo para obtener algunas decoraciones y enlucidos con cal y arena. La constante en los muros de planta baja es su considerable ancho antisísmico, experiencia adquirida de los indígenas, con dimensiones en su base de más de un metro, en tanto que en las plantas superiores predominando los muros exteriores de adobe o ladrillo, mientras que para las paredes interiores el uso generalizado del bahareque. Los muros de ladrillo y piedra se unían con mortero de cal. El conjunto de muros y los pilares en los pórticos, rigidizados a través de las estructuras de cubierta de madera, siendo escaso el uso de soleras. Los muros de planta alta con juntas en las esquinas, para permitir un mejor comportamiento antisísmico.



Figura 5
Quito, antiguo hospital de San Lázaro, muro de adobe y ladrillo (foto del autor 2003)

Portadas, fachadas y balcones

Las portadas de las viviendas se elaboraban en piedra, algunas con emblemas de carácter religioso o de nobleza, e incluso con algunas inscripciones. Las portadas de piedra más representativas se ubicaban en los edificios religiosos, en los ingresos a los conventos y monasterios. En cuanto a las fachadas, muy simples en las primeras casas coloniales, con escasos balcones constituidos por canecillos de soporte de madera y entablados con revestimiento de tejuelo vidriado y balaustradas de madera y hierro. Este sistema apenas ha perdurado ya que una vez generalizada la construcción en doble altura, su construcción fue más compleja en todo tipo de edificios y por tanto con variedad de recursos según su categoría, siendo paulatinamente reemplazado entrada la república, por estructuras de ménsulas y suelo de piedra, y remate con barandillas metálicas (figura 6), o balaustradas de cerámica moldeada y enlucida. Mención aparte



Figura 6
Quito, casa de la calle García Moreno (foto del autor 2004)

constituyen las grandes fachadas de piedra de las iglesias, de robusta construcción, auténticas obras de arte muy características del período barroco, destacándose las de las iglesias de la Compañía de Jesús, El Sagrario, San Agustín, San Francisco y la Catedral, esta última presidida además por un templete en su entrada lateral.

Suelos y forjados

Las plantas bajas se distinguían por mantener un desnivel sobre la calle y el patio, para disponer de cámaras de ventilación sobre las cuales se armaban los suelos de madera de las habitaciones. En vestíbulos o zaguanes y zonas nobles exteriores, se utilizaban combinaciones de adoquines de piedra con huesos de animales; en las galerías de los pórticos en planta baja y algunas habitaciones interiores, el uso de un tipo de ladrillo más resistente, llamado pastelero. En los patios, adoquines de piedra y cantos rodados, solos o combinados. En plantas altas en las galerías de los pórticos, se usaba ladrillos colocados a la catalana sobre el forjado de madera, con un proceso similar para la tradicional terraza situada en la crujía que mira a la entrada principal, que se pavimenta con tejuelo vidriado. Otro tipo de suelo en las galerías de la planta alta consistía en apoyar sobre la estructura de madera, un entramado de carrizos, suros o esteras con una capa de lodo sobre el que se asentaban los ladrillos. En el resto de espacios interiores de la planta alta, predominaba el uso de la madera.

Escaleras, escalinatas, atrios y fuentes

Al interior de las viviendas era común el uso de escaleras de madera o ladrillo, pero para salvar desniveles en vestíbulos, pasillos y patios se usaba la piedra; en algunas casas señoriales y en casi toda la arquitectura religiosa, se hacía un uso generalizado de la piedra entre la planta baja y la primera planta, con grandes y solemnes estructuras, el resto de escaleras era de madera. Exteriormente las escalinatas de piedra se encontraban formando parte de muchas entradas para salvar los desniveles de las empinadas calles quiteñas, así como formando parte de éstas entre manzanas; la más suntuosas se encuentran en los grandes atrios de piedra de varias iglesias formando conjuntos arquitectónicos con pretiles y pináculos. El atrio más reconocido por su escala y diseño, y que se conserva intacto, es el del convento de San Francisco, siendo también significativos los de la catedral, la Concepción, el Carmen bajo y el del conjunto monumental del antiguo hospital de San Lázaro (figura 7). En cuanto a las fuentes, puesto que su uso fue en principio estrictamente para el abastecimiento de agua para la ciudad, se ubicaron en las plazas, mientras que otras, gracias a ciertos privilegios se ubicaron en los patios de los conventos y de alguna casa principal, actualmente se conservan como elementos ornamentales. Su construcción se realizaba enteramente en piedra formando varios cuerpos.



Figura 7
Quito, antiguo hospital de San Lázaro, fachada principal (foto del autor 2003)

Pórticos

El conjunto de pórticos presentaba algunas variaciones en cuanto a estilos y materiales, que variaba también según la configuración de los patios. En planta baja con el predominio de pilares de piedra (figura 8), pero también de ladrillo, y de madera con bases de piedra, algunas veces combinados o formando arquerías, especialmente en los conventos. En las plantas altas de las viviendas, los pilares eran normalmente de madera coronados por zapatas, que armaban el conjunto sobre el que descansaba la cubierta que se remataba con los aleros. En los conventos, las arquerías también se encontraban en la planta alta, en conjunto con balaustradas de cerámica vidriada, o enlucida y pintada, en el resto se usaban ba-



Figura 8
Quito, antiguo hospital de San Lázaro, pórticos del patio principal (foto del autor 2003)



Figura 9
Quito, antiguo hospital de San Lázaro, armado de tejado sobre muro de adobe (foto del autor 2003)

randillas de metal a manera de rejas sin mayor ornamentación. Algunos edificios también contaban con pórticos al exterior, manteniéndose el mismo uso de materiales, sobre todo con pilares y suelo de piedra, de la época colonial sobresalen los pórticos exteriores del palacio de Carondelet o Presidencial, del palacio Arzobispal y del antiguo colegio Real de San Fernando en la plaza de Santo Domingo.

Cubiertas, bóvedas y cúpulas

La casa colonial presentaba el uso generalizado de tejados, con algunas variaciones en su estructura, siendo común en la región interandina las cerchas de madera, sobre las cuales se armaba un tejido de carrizos y sogas, encima del cual se aplicaba una capa de barro para asentar las tejas de barro cocido (figura 9). Las variaciones tenían que ver con la forma de las cerchas, siendo principalmente de par y nudillo, y las de pares, pendolón y tirante, estructuras hacia las cuales se colgaba el cielo raso, también llamado tumbado, a partir de una estructura de madera o chaguarqueros, a los cuales se ataba un entramado de carrizos, o bien una esterilla, usando cabestros y soguillas, en ambos casos enlucidos con barro mezclado con paja y acabados con cal. Los conventos también hacían uso de este recurso, aplicando incluso la forma de falsas bóvedas y cúpulas para muchos de sus espacios, mientras que en las iglesias y algunos claustros, se recurrió a fastuosos acabados con artesonados barrocos y mudéjares, trabajados en madera y yeso, con policromías y pan de oro.[12]

En cuanto a los aleros, los primeros fueron de base curva y conservaban la estructura y el acabado de los cielos rasos interiores, es decir un entramado de carrizos o esterilla enlucidos con barro, pero se acabó imponiendo el uso de un entramado plano que derivó a los entablados simples o decorados con policromías y algunos artesonados, sujetos a través de una estructura de canecillos trabados a la cabeza de los muros. El uso de los aleros se prolongó más allá de la colonia hasta que en la época republicana, muchos fueron reemplazados por grandes cornisas y entablamentos, a juego con otros remozamientos de toda la fachada.

Respecto a la cubierta de algunas iglesias, uno de los grandes aportes españoles constituyó el uso de los arcos y bóvedas de piedra y ladrillo,[13] recubiertas de tejuelo vidriado, aunque muchos de ellos no tuvie-



Figura 10
Quito, convento de San Francisco (Mercé 2011)

ron sino una vida efímera, al comprobarse su débil comportamiento ante los fuertes sismos de la región, tras los cuales con adaptaciones de materiales o dimensiones, e incluso su reemplazo por bóvedas encamonadas fue una buena alternativa, perviviendo con éste último sistema, por ejemplo las naves de las iglesias de San Agustín y del Carmen Alto, aunque con el carácter de cielo raso, al ser necesaria su protección con cubiertas de madera y teja. De las bóvedas y cúpulas de piedra pómez y ladrillo, los ejemplos más significativos que permanecen, son los de las iglesias de la Compañía de Jesús y de San Francisco (figura 10).

Torres y espadañas

Las torres y espadañas de las iglesias se realizaban a través de grandes estructuras de ladrillo en varios cuerpos, antecedidas en sus bases por muros de piedra, el ancho de los muros era considerable respecto al resto de la edificación, fundamentalmente para ofrecer una buena resistencia sísmica. Los remates lo constituían chapiteles o cúpulas de ladrillo revestidas de tejuelos vidriados y en varios casos flanqueados por pináculos. A pesar de los esfuerzos puestos en su construcción, los cuerpos superiores de las torres de los campanarios más esbeltos, como los casos de las iglesias de la Compañía de Jesús y de San Francisco (figura 11), se vinieron al suelo en los terremotos de 1859 y 1868 respectivamente, aunque reedificada la torre de la Compañía de Jesús, no soporto nuevamente el terremoto de 1868. En ambas iglesias permanecen los cuerpos que han quedado, con nuevos remates adaptados.

Conclusiones

En los últimos setenta y cinco años el acercamiento científico al hacer constructivo del Quito colonial español y republicano, se ha consolidado paralelamente



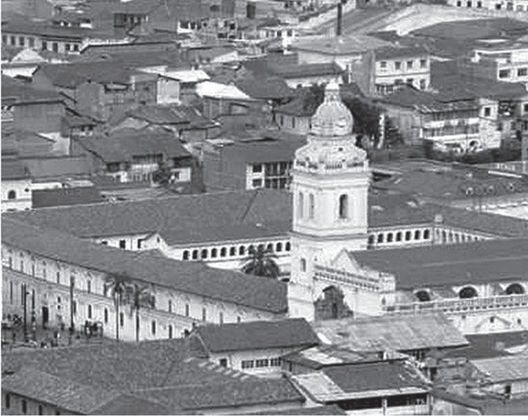


Figura 11
Quito, torres de las iglesias de San Francisco, La Merced y Santo Domingo (fotos del autor 2004)

a la gestión para su conservación, poniendo en contexto todo el bagaje intercultural de su desarrollo, con investigaciones que han documentado el perfeccionamiento de las construcciones y han dado fe de las bondades del uso de determinadas técnicas constructivas y su conservación como medio de expresión de una cultura mestiza que pulió su particular forma de edificar en tierras del Ecuador. En esta medida el desarrollo de determinadas técnicas que han dado como resultado, no solo un valor estético sino también antisísmico, ha permitido contar hasta la actualidad con un patrimonio edificado modelo, que aún con algunas intervenciones polémicas, principalmente de consolidación estructural, sigue asombrando por su calidad y buen estado de conservación en casi quinientos años de historia.

Notas

1. «Tanto las cordilleras que se asientan en Ecuador, Perú y Bolivia, los amplios espacios intermontanos, como las planicies con sus mesetas y serranías han sido el lugar privilegiado para el asentamiento de la gran civilización incaica y donde más tarde se extenderán los dominios hispánicos que organizarían este espacio magistral de América del Sur» (Martín y Múscar 1992, 30).
2. «El lugar escogido para la fundación española de Quito sería el mismo del antiguo asentamiento aborigen. No solo por la presencia de una alta concentración de población indígena, que permitía disponer de mano de obra para la agricultura, los servicios y oficios, sino también porque en el ánimo de los conquistadores primaron las condiciones estratégicas sobre la comodidad del sitio. En efecto, la complicada topografía facilitaba extraordinariamente la defensa» (Ortiz Crespo 2004, 21).
3. Véase un completo compendio de reproducciones en América, en (PESSCA 2015)
4. Véase (Webster 2012).
5. «El análisis tipomorfológico privilegia la relación dialéctica entre morfología urbana –forma de la ciudad- y las tipologías edilicias –el tejido que constituye esa forma–. La relación entre estos dos componentes es lo que se denomina Tipomorfología» (Báez 1999, 21).
6. «La Declaratoria de Quito por parte de la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad…reconoce la alta valoración histórica, arquitectónica y urbana de la ciudad» (Checa 1991, 101).
7. «El análisis de los vestigios arqueológicos descubiertos en el Ecuador, dejan entrever una serie de estrategias o técnicas constructivas que ya estuvieron vigentes desde tiempos prehispánicos; sin embargo, su filiación siempre ha sido atribuida a culturas recientes, o en el mejor de los casos a los arquitectos inka cusqueños» (Jara 2004, 13).
8. «La traza debía contemplar manzanas, calles y plazas. En aquellas se disponían los solares para los nuevos vecinos, de acuerdo a normas ya fijas: cada manzana debía tener dos, cuatro y hasta ocho solares, según la importancia del adjudicatario…Y las medidas, en pies castellanos, eran también predeterminadas» (Salvador 1992, 76).
9. Véase (Ortiz Crespo 2004, 39).
10. «En cuanto a los materiales de construcción, los nuevos pobladores utilizaron en esta primera etapa los que obtuvieron de las destruidas construcciones aborígenes pero, cuando éstas empezaron a escasear, se vieron obligados a buscarlos en los alrededores, tarea que no resultó difícil dada la abundancia de los mismos» (Picconi 1991, 87).
11. «la consolidación del relleno lo hizo el Hermano Marcos con un sofisticado sistema de arcos y contraarcos, para conseguir unos fundamentos sólidos para edificar sobre ellos el complejo edilicio que incluía la Universidad de San Gregorio Magno» (Ortiz Crespo 2004, 45).
12. «En Quito, los artífices coloniales espontánea e inconscientemente mezclaron elementos mozárabes y mudéjares, con platerescos, manieristas y barrocos. Fusión que se repite una y otra vez sin ninguna intención estilística, compendiando ochocientos años de historia artística en solo tres siglos» (Escudero 2000, 10).
13. «los antiguos pobladores indígenas no conocieron elementos constructivos como las cúpulas y bóvedas, estos se introducen al parecer con el arquitecto Marcos Guerra, oriundo de Italia, quien dirigió algunas construcciones en Quito, hacia 1635» (Pino y Yepes 1990, 89).

Lista de referencias

AECI (ed.). 2003. *Quito: El gran convento de San Francisco*. Ramón Gutiérrez (Coord.). Madrid: El Viso.

Báez, Eduardo et al (eds.). 1999. *Proyecto piloto de rehabilitación arquitectónica y urbana, barrios San Marcos, la Chilena, eje calle Chile. Convenio Bélgica – Ecuador*. Quito: U. Central del Ecuador, U. Libre de Bruselas.

Checa, Gonzalo. 1991. «La Mariscal: viviendas representativas», *Centro Histórico de Quito la Vivienda*. Evelia Peralta et al (eds.) Quito: Municipio de Quito, Junta de Andalucía.

Cicala, Mario. 1994. *Descripción Histórico-Topográfica de la Provincia de Quito de La Compañía de Jesús.* Tradu-

cido por Julián Bravo. Quito: Biblioteca Ecuatoriana Aurelio Espinosa Pólit, Instituto Geográfico Militar.

Escudero, Ximena. 2000. «Historia y crítica del arte colonial ecuatoriano», *Historia y crítica del arte hispanoamericano: Real Audiencia de Quito (Siglos XVI, XVII y XVIII).* Quito: Abya-Yala.

Gutiérrez, Ramón. 2003. «San Francisco de Quito: un patrimonio integrador de manifestaciones culturales», *Quito: El gran convento de San Francisco*. AECI (ed.). Madrid: El Viso.

Jara, Holguer. 2005. «Evidencias arqueológicas sobre «técnicas vernáculas» en el Ecuador y su posible rescate en función de la restauración», *Seminario taller técnicas vernáculas en la restauración del patrimonio.* Alfonso Ortiz (ed.). Quito: MDMQ-FONSAL.

La Condamine, Charles-Marie de. 1751. *Journal du voyage fait par ordre du roi, a l'équateur, a l'équateur, servant d'introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du méridien*, París: Imprimerie Royale

López Ulloa, Fabián S. 2004. «Ecuador Legislación Patrimonial», *Areté Documenta. Patrimonio Cultural Iberoamericano I*. Elena Villamor y Jos Martín (eds.). Madrid: Asociación Española de Gestores de Patrimonio Cultural.

Martín, Mª Asunción y Eduardo Múscar. 1992. *Proceso de urbanización en América del Sur. Modelos de ocupación del espacio*. Madrid: MAPFRE.

Mercé Gandía, José y José Gallegos Arias (eds.). 2011. *Iglesia y convento de San Francisco, una historia para el futuro*. Quito: INPC, AECID.

Navarro, José Gabriel. 1960. *El Arte en la provincia de Quito.* México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

Ortiz Crespo, Alfonso (ed.). 2004. *Ciudad de Quito Guía de Arquitectura An Architectural Guide*, Quito-Sevilla: Junta de Andalucía.

Ortiz Crespo, Alfonso. 2004. *Origen Traza, Acomodo y Crecimiento de la Ciudad de Quito*. Quito: MDMQ, FONSAL.

Ortiz Crespo Alfonso (ed.). 2005. *Seminario taller técnicas vernáculas en la restauración del patrimonio.* Quito: MDMQ-FONSAL.

Peralta, Evelia et al (eds.). 1990. *Centro Histórico de Quito Problemática y Perspectivas*. Quito: Municipio de Quito, Junta de Andalucía.

Peralta, Evelia et al (eds.). 1991. *Centro Histórico de Quito la Vivienda*. Quito: Municipio de Quito, Junta de Andalucía.

PESSCA. Project on the Engraved Sources of Spanish Colonial Art. www.colonialart.org/archives (acceso 2015).

Picconi, Raffaella. 1991. «Expresiones arquitectónicas en la colonia», *Centro Histórico de Quito: la vivienda*. Evelia Peralta et al (eds.). Quito: Municipio de Quito, Junta de Andalucía.

Pino, Inés del y Hugo Yepes. 1990. «Apuntes para una historia sísmica de Quito», *Centro Histórico de Quito Problemática y Perspectivas*. Evelia Peralta et al (eds.). Quito: Municipio de Quito, Junta de Andalucía.

Salvador Lara, Jorge. 1992. *Quito*. Madrid: MAPFRE.

Serlio, Sebastian. 1663 [1544]. *Architettvra di Sebastian Serlio Bolognese, in sei libri divisa*…Venetia: Iacobvm de Angelis.

Webster, Susan V. 2012. *Quito, Ciudad de Maestros: arquitectos, edificios y urbanismo en el largo siglo XVII*. Quito: Ediciones Abya-Yala.

De Ávila a las Huelgas: la evolución de la construcción gótica en las bóvedas sexpartitas españolas

Rocío Maira Vidal

Las bóvedas sexpartitas aparecen en Francia a finales del siglo XII y estaban destinadas a cubrir las naves centrales de las grandes catedrales, tal es el caso de Laon, Bourges o la mismísima Notre Dame de París. Su uso se extendió por toda Europa rápidamente. En España harán su aparición medio siglo más tarde.

El objetivo de esta comunicación es poner de manifiesto los conocimientos geométricos y constructivos que hicieron posible la construcción de las bóvedas sexpartitas españolas. Con tal motivo han sido estudiados la totalidad de los ejemplos conservados en la actualidad. Su análisis comparado nos ha permitido conocer la evolución que experimenta la estereotomía y construcción gótica en nuestro país.

¿Qué es una bóveda sexpartita? Aclaraciones necesarias

En la nomenclatura tradicional existe una notable confusión a la hora de emplear el término sexpartita para describir un abovedamiento. En numerosas ocasiones se trata de bóvedas en cruce de ojivas con un nervio rampante longitudinal que divide la superficie de plementería en seis partes, teniendo un formero a cada lado y cuatro puntos de apoyo, uno en cada esquina. Su superficie mantiene la misma forma que en las bóvedas cuatripartitas. Estas bóvedas podemos encontrarlas en la nave principal de la Catedral de Pamplona o en el claustro de la Catedral de Sigüenza. En otros casos se trata de un cruce de ojivas con un arco perpiaño que la refuerza por el centro en sentido transversal pero sin que existan nervios formeros y sin ventanales laterales. Su plementería sigue la forma de una bóveda de cañón. Encontramos dos ejemplos, en los presbiterios de la Colegiata de Santa María del Campo en La Coruña y la Catedral de Mondoñedo en Lugo. Por último se mencionan las bóvedas sexpartitas que cubren espacios concéntricos aislados y de planta hexagonal. Todos sus cuarteles de plementería tienen el mismo tamaño y sus seis apoyos reciben el mismo número de nervios. Podemos encontrar ejemplos en los lavatorios de los claustros de los monasterios de Santa María de Iranzu en Navarra, y de Santes Creus y del Poblet en Tarragona.

Sin embargo nuestro estudio solo se refiere a la bóveda en cruce de ojivas reforzada por el centro con un arco paralelo a los arcos fajones que la divide por la mitad y que fragmenta los formeros en dos, creando una pareja de ventanales en cada lado (figura 1). Se caracteriza por la extraña volumetría de sus cuarteles laterales de plementería, con forma abocinada. Tienen seis apoyos, cuatro en las esquinas, más grandes por recibir un mayor número de nervios, y dos centrales bajo su arco de través.

Metodología empleada en la toma de datos

En España se conservan pocos ejemplos de esta tipología de bóveda. Podemos encontrarlas en doce edifi-



Figura 1
Iglesia de San Saturnino (fotos de la autora)

cios medievales, ochos de ellos de gran importancia histórica. Estos últimos se han medido de forma exhaustiva con estación total láser (figura 2), para poder determinar el despiece de cada una de las partes de la bóveda.[1] Los cuatro ejemplos de menor relevancia se han medido con fotogrametría mediante el programa de Autodesk 123D Catch.

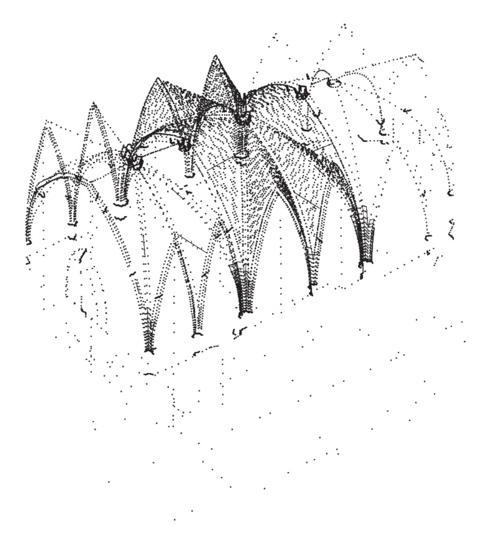


Figura 2
Iglesia de San Saturnino. Medición con estación total (dibujo de la autora)

Hipótesis de la geometría de sus monteas

La bóveda sexpartita de la Catedral de Ávila fue construida por el maestro Fruchel en torno a 1172, siendo el primer ejemplo de esta estructura en nuestro país. Es una bóveda gótica concebida a partir de la geometría propia del románico, ya que emplea arcos de medio punto en perpiaños y arco de través, lo que genera la forma rebajada de sus diagonales, como ocurría en las bóvedas de arista románicas. Sus ojivos son arcos semicirculares rebajados 1,45 metros por debajo de la línea de imposta. Su volumetría nos recuerda las grandes bóvedas de cañón románicas de las naves centrales, donde los nervios perpiaños van marcando los tramos de abovedamiento.

En la primera mitad del siglo XIII se construyen en España la mayor parte de las bóvedas sexpartitas conservadas, siendo además los ejemplos de mayor relevancia. Nos referimos a las bóvedas del presbiterio y transepto de las Catedrales de Cuenca y Sigüenza, las del refectorio gótico del Monasterio de Santa

María de Huerta en Soria, la bóveda de la cabecera de la iglesia del Monasterio de Las Huelgas Reales de Burgos y las de la Colegiata de la Hospedería de Roncesvalles.

Las bóvedas del presbiterio de la catedral conquense tienen sus nervios diagonales semicirculares con sus centros sobre la línea de imposta. Los nervios perpiaños y de través son apuntados y alcanzan la altura de la clave central, por lo que se encuentran ligeramente peraltados, aproximadamente 35 cm, sobre la imposta. Los rampantes son horizontales en ambas direcciones. Por el contrario, las bóvedas de los brazos cruceros, con una proporción en planta marcadamente rectangular, tienen sus nervios ojivos apuntados con sus centros sobre la imposta. Los nervios perpiaños y de través son apuntados. Estos últimos se peraltan ligeramente para alcanzar la altura de la clave central. Sus rampantes son descendentes en ambas direcciones.

Las bóvedas de Santa María de Huerta presentan la misma geometría que las del presbiterio conquense, salvo por sus nervios perpiaños, que no alcanzan la altura de la clave por lo que no están peraltados. El rampante de la bóveda es descendente en ambas direcciones pero especialmente en su sección transversal, ya que sus formeros se encuentran un metro y medio más bajos que la clave.

Las bóvedas de la catedral de Sigüenza tienen una geometría diferente al resto de las sexpartitas españolas. Sus ojivos son semicirculares y sus perpiaños son apuntados, ambos tienen sus centros sobre la línea de imposta. Sin embargo sus nervios de través son arcos semicirculares muy peraltados, del orden de 2,70 metros. Los perpiaños y formeros se sitúan a menor altura que la clave por lo que los rampantes de la bóveda descienden notablemente (figura 3). Las bóvedas del crucero son las más grandes de España, tanto por la planta que cubren, 11,33 × 12,94 metros, como por la altura que alcanzan, aproximadamente 27 metros.

Las Huelgas Reales de Burgos presentan una geometría similar al crucero conquense, ya que sus nervios diagonales son apuntados con sus centros en la línea de imposta (Maira 2015a). Los perpiaños y su nervio central son también apuntados. Este último está ligeramente peraltado sobre la imposta. El rampante transversal es horizontal pero el longitudinal desciende ligeramente.

La Colegiata de Roncesvalles ha sufrido un incendio y varias restauraciones por lo que se debe investigar con cautela, aunque según la información disponible, sus nervios de piedra son originales.[2] Su geometría es similar a la que encontramos en el monasterio burgalés. Los nervios diagonales y perpiaños son apuntados con sus centros en la imposta. Sus nervios centrales son apuntados y ligeramente peral-

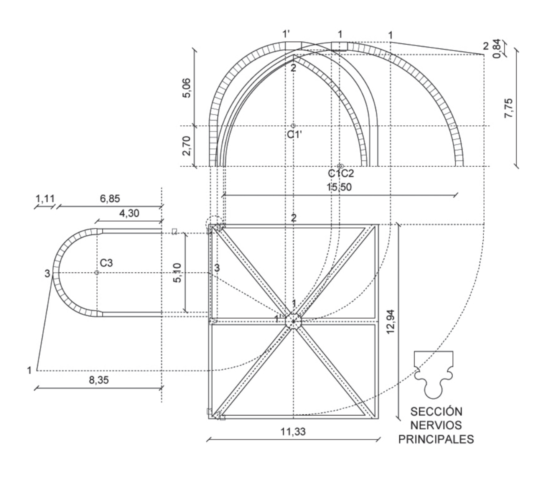


Figura 3
Montea del crucero Sur. Catedral de Sigüenza (dibujo de la autora)

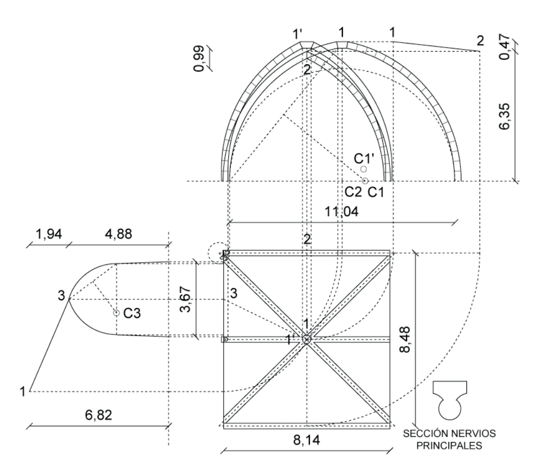


Figura 4
Colegiata de Roncesvalles (dibujo de la autora)

tados. Su rampante desciende poco en la dirección longitudinal, mientras que en la transversal lo hace notablemente hacia los formeros, que se encuentran casi dos metros por debajo de la clave (figura 4).

De la segunda mitad del siglo XIII son las bóvedas de la Iglesia de San Saturnino en Pamplona y las de la Nave de los Reyes de la Catedral de Cuenca. Las bóvedas de San Saturnino, aunque poco conocidas, son destacables por sus dimensiones y su construcción. Su proporción es rectangular 3 a 2, es decir sesquiáltera. La luz que cubren es 14,51 metros, superando la que cubren las bóvedas seguntinas, aunque su tamaño en planta es menor. Su geometría es similar a la de la bóveda del cenobio burgalés, ya que sus diagonales son arcos apuntados con su centro en la imposta. Sus nervios perpiaños y centrales son apuntados y ligeramente peraltados. El rampante longitudinal de la bóveda es horizontal, sin embargo el transversal desciende ligeramente (figura 5).

La geometría de las dos bóvedas que cubren la nave de los Reyes de la Catedral de Cuenca parece ser la misma, sin embargo mientras que la bóveda situada al Este tiene prácticamente la misma geometría que las del monasterio soriano, la bóveda Oeste es muy peculiar. Sus ojivos son arcos carpaneles, es decir, rebajados de tres centros que se sitúan formando un triángulo equilátero. Los nervios perpiaños y el de través son apuntados, el último ligeramente peraltado. Sus rampantes son horizontales en ambas direcciones.

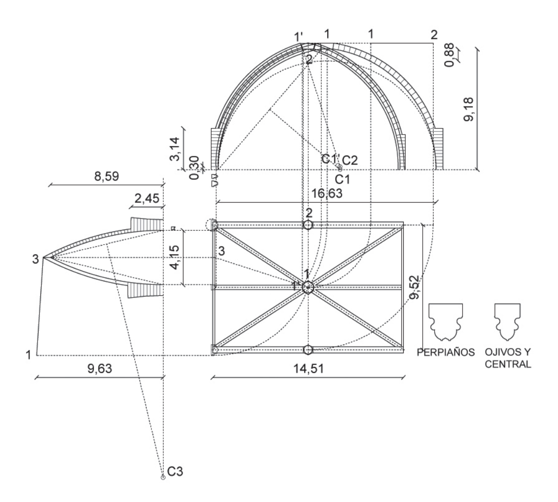


Figura 5
Iglesia de San Saturnino (dibujo de la autora)

Los ejemplos de bóvedas sexpartitas construidos en España en el siglo XIV son de menor relevancia, ya que se trata de cubriciones puntuales en iglesias parroquiales o edificios con poca importancia histórica. La bóveda del presbiterio de la Iglesia de Santa Magdalena del pequeño priorato y hospital de Valdefuentes, hoy en ruinas, situado a 84 Km al noreste de Burgos, es el único vestigio que queda del edificio. Se trata de una bóveda con nervios ojivos apuntados con sus centros en la línea de imposta. Los perpiaños y el nervio de través son apuntados y muy peraltados, el central alrededor de 1,60 metros.

La bóveda del presbiterio de la Iglesia de Santa María la Real y Antigua de Gamonal, barrio periférico de Burgos y antigua villa castellana, es una sexpartita con un nervio rampante longitudinal añadido. Sus nervios ojivos son apuntados, como ocurre con el cenobio burgalés. Su perpiaño occidental y el nervio de través son apuntados y peraltados sobre la línea de imposta virtual que se sitúa a la altura de los centros de los arcos que definen las diagonales, sin embargo la línea de imposta construida está a la altura del centro del nervio con mayor peralte, el central. Por ello todos los arcos arrancan con cierta inclinación y no perpendiculares a la línea de imposta. Su nervio perpiaño oriental es un arco carpanel muy peraltado. El nervio central, el perpiaño y los formeros son arcos tiers point, es decir, el centro de cada arco se sitúa en el arranque de su arco simétrico.

La Iglesia parroquial de la Asunción de Nuestra Señora de Salmerón, en la actual provincia de Guadalajara, tiene una bóveda sexpartita cubriendo su crucero. Su geometría es similar a la del crucero conquense. Sus nervios diagonales y perpiaños también son apuntados con sus centros en la línea de imposta. El nervio central es apuntado y se peralta ligeramente. El rampante longitudinal desciende ligeramente mientras que el transversal es horizontal.[3]

Pertenecientes al siglo XV encontramos las bóvedas del refectorio del Monasterio de Santa María de Piedra, en Zaragoza. Su geometría es similar a la del refectorio soriano, con excepción de sus nervios formeros, también apuntados, pero en este caso arrancan muy por encima de la línea de imposta sobre capiteles independientes (figura 6).

El ejemplo más moderno de bóvedas sexpartitas se encuentra en la nave de la Iglesia de Nuestra Señora

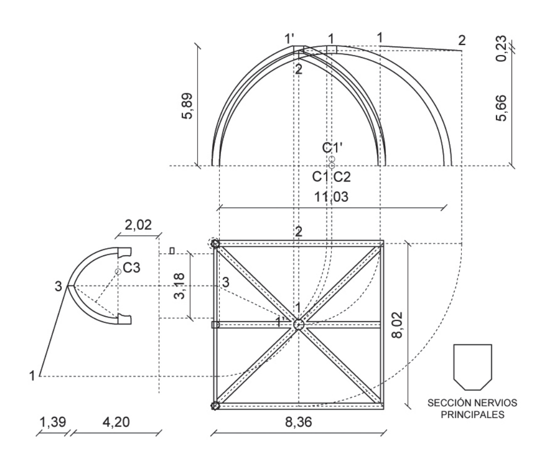


Figura 6
Refectorio del Monasterio de Piedra (dibujo de la autora)

de la Asunción en el municipio valenciano de Utiel y data de la segunda década del siglo XVI. El diseño de estas bóvedas es propio del tardogótico, con nervios rampantes y combados. Sus diagonales son carpaneles cuyos centros forman un triángulo equilátero. Los nervios perpiaños son de medio punto mientras que los de través son arcos apuntados, ambos con sus centros en la línea de imposta. Su volumetría es cupulada, con ambos rampantes curvados y descendentes, especialmente en su dirección transversal, con una diferencia de altura de 5 metros respecto a la posición de la clave central.

Clasificación de las bóvedas sexpartitas españolas

El estudio de las bóvedas sexpartitas españolas nos ha permitido detectar tres grupos diferentes de monteas según la geometría de sus nervios[4] (figura 7). Hemos tenido en cuenta la clasificación de las bóvedas sexpartitas francesas, realizada con anterioridad a partir del estudio de algunas de sus bóvedas principales (Palacios y Maira 2014).

Los dos primeros grupos de la clasificación son dos geometrías presentes en las bóvedas francesas. En ambos la característica común son los nervios diagonales: semicirculares con sus centros en la línea de imposta. El primer grupo se caracteriza por tener el arco central semicircular peraltado aproximadamente 2,50 metros sobre la línea de imposta, es el grupo definido en Francia por la Catedral de Notre Dame de Paris y que en nuestro país solo se encuentra representado por las bóvedas de la Catedral de Sigüenza (figura 3). El segundo se caracteriza por tener sus nervios centrales apuntados y ligeramente peraltados sobre la imposta, del orden de 30 centímetros. A este grupo pertenecen las catedrales de Bourges y Laon en Francia y algunas de las principales bóvedas españolas, como las del presbiterio y la bóveda Este de la nave de la catedral de Cuenca y las de los refectorios de los Monasterios de Santa María de Huerta y de Piedra (figura 6).

Aunque en Francia no hemos encontrado por el momento ninguna bóveda con los nervios diagonales apuntados con sus centros sobre la imposta, esta característica define en España al tercer grupo de la clasificación. Su nervio central es apuntado y ligeramente peraltado. A este grupo, el más numeroso, pertenecen la bóveda de Las Huelgas Reales de Burgos, las bóvedas del crucero de la Catedral de Cuenca, las de Roncesvalles y las iglesias de San Saturnino, Gamonal y Salmerón (figuras 4 y 5).[5] Se han encontrado varias bóvedas sexpartitas con esta geometría en Inglaterra, todas ellas en la Catedral de Lincoln (Maira 2015b).

Encontramos tres ejemplos que no pueden enmarcarse en ninguno de los grupos anteriores por tener sus arcos diagonales rebajados. La catedral de Ávila, cuyos ojivos son semicirculares rebajados y la bóveda Oeste de la nave de la Catedral de Cuenca (Maira 2015a) así como las bóvedas de la iglesia de Utiel, con nervios diagonales carpaneles. La bóveda de Valdefuentes, es otro ejemplo fuera de la clasificación, aunque en este caso por la geometría de sus nervios centrales, apuntados y peraltados más de metro y medio sobre la imposta.

Estandarización de los nervios. Ventajas e inconvenientes de cada tipo

En la construcción de las bóvedas góticas era frecuente el empleo de la misma curvatura para la ejecución de todos los arcos (Palacios 2009). De esta forma se facilitaba enormemente el proceso constructivo de sus nervios, pudiendo usar la misma cimbra y dovela para todos ellos. En el análisis realizado hemos comparado las curvaturas de los arcos para comprobar si existe o no estandarización.

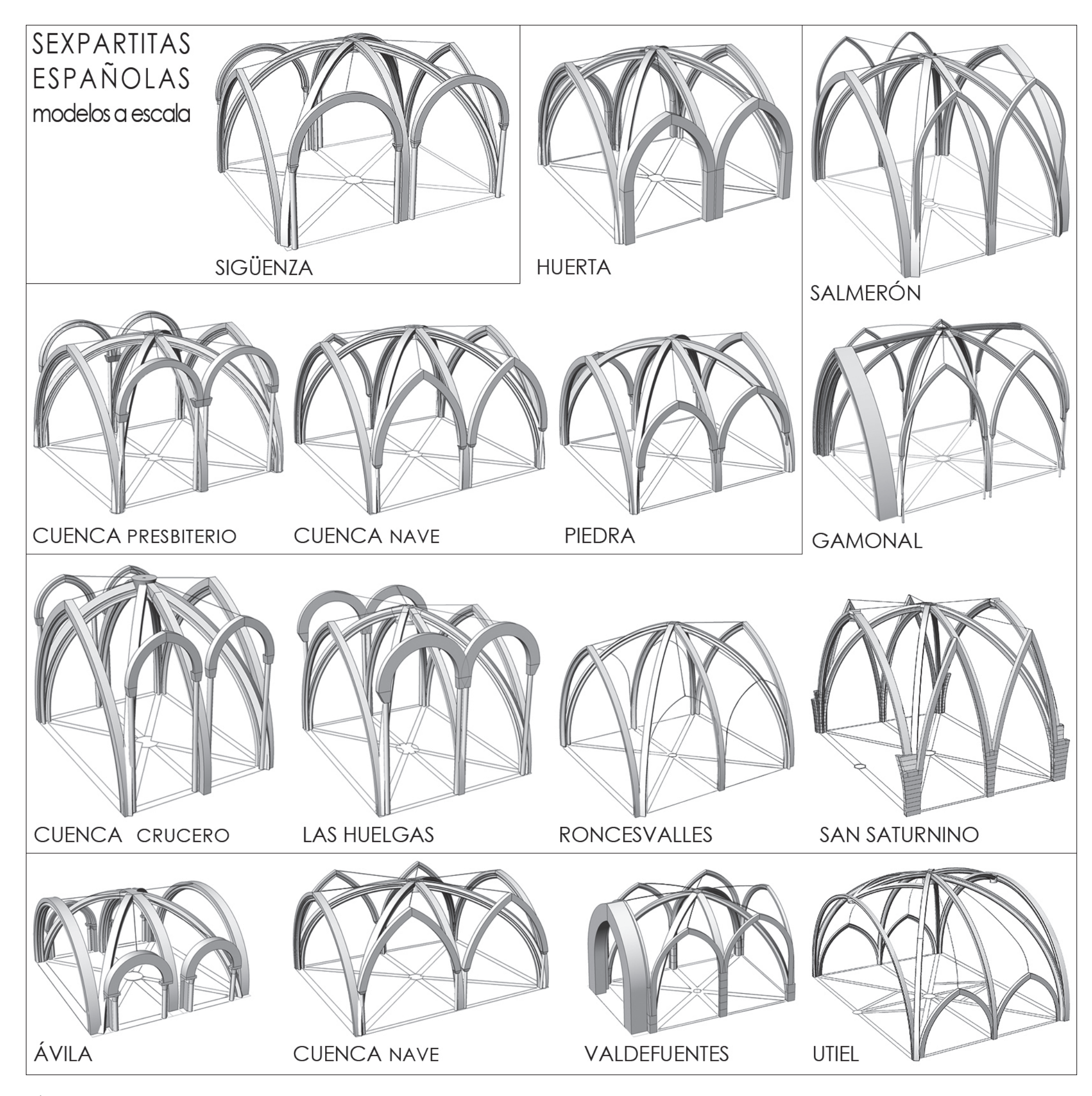


Figura 7
Modelos de las bóvedas sexpartitas españolas (dibujo de la autora)

En el primer grupo, al que solo pertenece la catedral de Sigüenza, no se pueden estandarizar todos los arcos, solamente comparten curvatura los ojivos y perpiaños, ya que los nervios de través, al ser semicirculares muy peraltados, son arcos de circulo considerablemente más pequeños, por lo que siempre tienen una curvatura distinta. Esta podría ser la razón de una menor expansión de este tipo de geometría en nuestro país.

El segundo y tercer grupo tienen todos sus nervios estandarizados. El nervio central emplea la curvatura de los ojivos peraltándose ligeramente para poder alcanzar la clave. Los nervios perpiaños se peraltan solamente cuando alcanzan la altura de la clave para poder emplear la curvatura del ojivo. Con este sencillo sistema se pueden emplear las mismas curvaturas para todos los nervios simplificando su construcción.

En los ejemplos fuera de la clasificación no hemos encontrado estandarización de las curvaturas de sus nervios, excepto en la bóveda conquense rebajada, donde existe estandarización parcial entre el nervio central y los perpiaños.

Estereotomía de las bóvedas sexpartitas españolas

El desarrollo estereotómico de las bóvedas españolas es mayor al encontrado en otros países, como Francia, quizá porque estas bóvedas llegan a España algo más tarde (figura 8). Uno de los elementos de mayor importancia para la comparación del grado de desarrollo estereotómico es la ejecución de los arranques de los nervios. En las bóvedas con menor desarrollo se resuelven por dovelas independientes. En los ejemplos más desarrollados se ejecutan complejas piezas de jorja que engloban las molduras de cada nervio. Su realización supone un empotramiento de los nervios a los muros y por tanto mayor estabilidad de la obra, lo que implica un mayor conocimiento del funcionamiento de estas estructuras así como un mayor control de la estereotomía.

En el análisis estereotómico no se han incluido ni las bóvedas de Utiel, por ser tabicadas con nervios de yeso, ni las del Monasterio de Piedra,[6] por estar cubiertas con morteros que impiden ver su despiece. Solo se mencionan ciertos aspectos que se ven a simple vista.

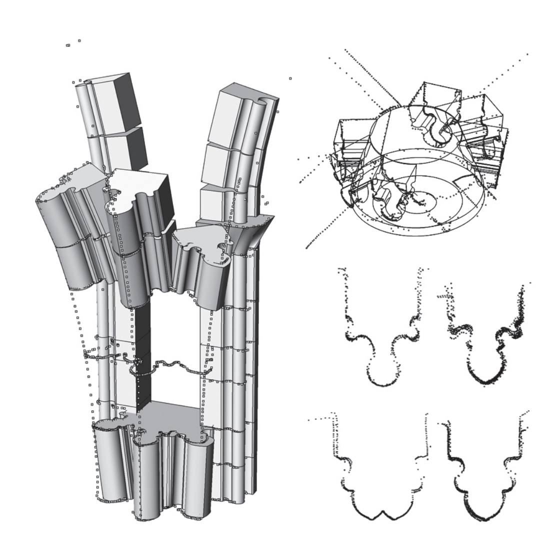


Figura 8
Toma de datos con la estación total (dibujo de la autora)

Dovelas

Generalmente en las bóvedas sexpartitas españolas, las dovelas de todos los nervios tienen la misma sección. No ocurre lo mismo en otros países europeos como Francia, donde los perpiaños suelen tener sección y tamaño diferente. En España encontramos solamente tres ejemplos con esta característica, en las Iglesias de San Saturnino, Salmerón y Utiel.

La sección típica de los nervios españoles está formada por un gran baquetón central como eje de simetría. Los nervios de la Catedral de Ávila así como los perpiaños de las bóvedas de San Saturnino tienen una sección similar a las de las bóvedas francesas, es decir, dos pequeños baquetones a cada lado, simétricos respecto a un eje central. El priorato de Valdefuentes o el Monasterio de Piedra presentan secciones de forma poligonal que delatan su factura posterior.

Las dovelas son piezas rectas de escasa longitud, entre 30 y 40 cm, es decir, no se han trabajado con baibel sino con escuadra. Se colocan con cuñas de madera o piedra en su trasdós para conseguir la curvatura de los nervios. Esta técnica simplifica enormemente el proceso constructivo ya que las dovelas de todos los nervios son iguales independientemente de su curvatura. Como única excepción, las dovelas de la bóveda del Monasterio de las Huelgas son muy largas, algunas superan el metro de longitud, por lo que se utilizó el baibel en su talla (Maira 2015a). Estas piezas demuestran técnicas de talla de mayor complejidad.

Jarjas

La bóveda sexpartita abulense no tiene jarjamentos, los arranques de los nervios se resuelven mediante dovelas independientes convenientemente recortadas en caso de que el espacio disponible lo requiera. La falta de planificación y conocimiento estereotómico son muy visibles en sus jarjas orientales, donde las primeras dovelas del nervio ojivo arrancan varios

centímetros por encima de la línea de imposta, acometiendo bruscamente contra las dovelas del perpiaño (figura 9).

Otros ejemplos pertenecientes al siglo XIII y XIV carecen también de jarjamento, como en la Catedral de Sigüenza (figura 9), y en las iglesias de Roncesvalles y Gamonal.[7] Sin embargo tienen mayor espacio en los capiteles de apoyo, por lo que las dovelas se recortan ligeramente en su trasdós, siendo soluciones más elegantes y mejor resueltas que el ejemplo abulense.

Las jarjas de la catedral de Cuenca reflejan la evolución estereotómica ocurrida en nuestro país durante el siglo XIII. En las bóvedas del presbiterio están formadas por dos piezas de 50 cm de altura con sus lechos horizontales. Para realizar la conexión con las dovelas inclinadas de los nervios probablemente se emplean cuñas en su trasdós. En el crucero constan de una sola pieza de 81 cm de altura cuyo lecho superior marca una mínima inclinación para recibir la primera dovela de cada nervio. Las jarjas de la nave principal, ya plenamente desarrolladas, están formadas por tres piezas con gran calidad en su talla, que en conjunto alcanzan el metro y medio de altura. Su última pieza se talla con las inclinaciones necesarias para recibir las dovelas.

Hay tres ejemplos en España que destacan por su elevado grado de desarrollo estereotómico; los monasterios de Santa María de Huerta y Las Huelgas Reales (figura 9), y la Iglesia de San Saturnino (figura 10). Las jarjas del monasterio soriano son siete piezas superpuestas que engloban un haz de cinco nervios (perpiaño, dos ojivos y dos formeros). El lecho superior de la última pieza está tallado con la inclinación necesaria para recibir las dovelas de cada nervio. La altura total del jarjamento alcanza 2,65 metros. En el cenobio burgalés nos encontramos dos piezas superpuestas de gran altura que alcanzan el metro setenta en total. En este caso solo engloban tres nervios, ya que los formeros, peraltados sobre columnas, arrancan por encima de forma independiente. El lecho superior de la última pieza es también inclinado. Las jarjas de la Iglesia de San Saturnino son las que alcanzan mayor altura, tres metros, y cuentan con trece piezas. Las diez primeras formadas por un haz de cinco nervios ya que incluyen los formeros, y las tres últimas solo por tres.[8] La última pieza de jarja presenta el lecho superior horizontal para dos de sus nervios, siendo inclinado para el tercero. Para conseguir una buena conexión de la zona horizontal con los nervios, se colocan una primera dovela en forma de cuña. Las jarjas del monasterio soriano y

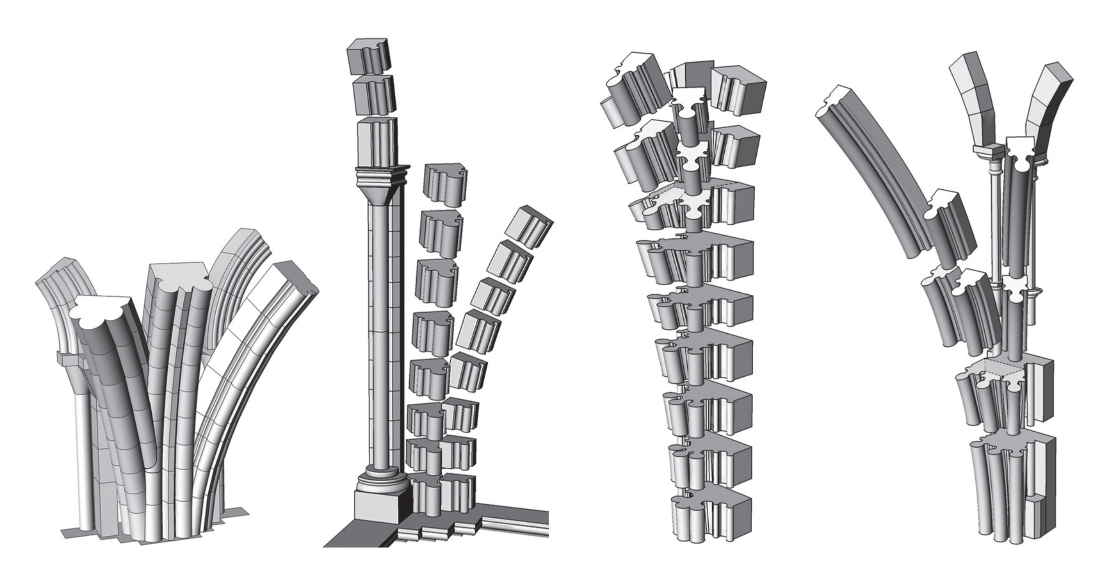


Figura 9
Evolución de las soluciones para el arranque de los nervios. De izquierda a derecha: Ávila, Sigüenza, Huerta, Las Huelgas (dibujo de la autora)

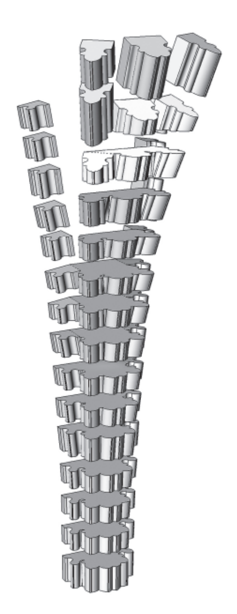


Figura 10
Jarja de las bóvedas de San Saturnino (dibujo de la autora)

de la iglesia pamplonica están formadas por piezas rectas, sin embargo las jarjas del Monasterio burgalés son curvas, al igual que las dovelas de sus nervios.

También otros ejemplos cuentan con jarjas, aunque menos complejas en su talla. Se trata de las Iglesias de Salmerón y del priorato de Valdefuentes. El primer caso tiene una solución extraña con dos jarjamentos independientes que apoyan sobre el mismo capitel, el del lado occidental engloba el formero y ojivo de la cuatripartita contigua y el perpiaño, y el oriental con los nervios de la sexpartita, ojivo y formero.[9]

El Monasterio de Piedra probablemente cuenta con jarjas que engloban un haz de tres nervios, sin incluir los formeros que arrancan más arriba sobre capiteles exentos. No se podrá corroborar esta hipótesis hasta que se eliminen los morteros que las recubren pero es lo más probable teniendo en cuenta que el escaso espacio sobre los capiteles es insuficiente para tratarse de dovelas separadas.

Claves

Hemos encontrado tres tipos diferentes según su talla (figura 11). Todas se forman por un cilindro central en cuya cara inferior se tallan los motivos decorativos y seis brazos salientes que reciben las dovelas de cada nervio. Los brazos carecen de curvatura, tallándose rectos.

El primer tipo tiene los seis brazos horizontales, con sus caras de testa verticales y por tanto paralelas al eje del cilindro central. Para conseguir la perfecta conexión de los brazos horizontales con las dovelas inclinadas de cada nervio son necesarias dovelas en forma de cuña. En el segundo tipo los brazos se tallan con la inclinación de cada nervio y las caras de testa son inclinadas hacia el centro de cada arco por lo que las dovelas en forma de cuña no son necesarias. El tercer tipo es una combinación de los dos anteriores, ya que los brazos son horizontales y sus caras de testa están inclinadas hacia el centro del arco, por lo que tampoco se necesitan las dovelas en forma de cuña.

El segundo y tercer grupo presentan mayor dificultad en su talla. Al segundo grupo pertenecen las claves de las bóvedas del crucero de Cuenca, las Huelgas Reales y Roncesvalles. Al tercer grupo el presbiterio de la Catedral de Cuenca y la Iglesia de San Saturnino. El resto de bóvedas pertenecen al primer grupo.

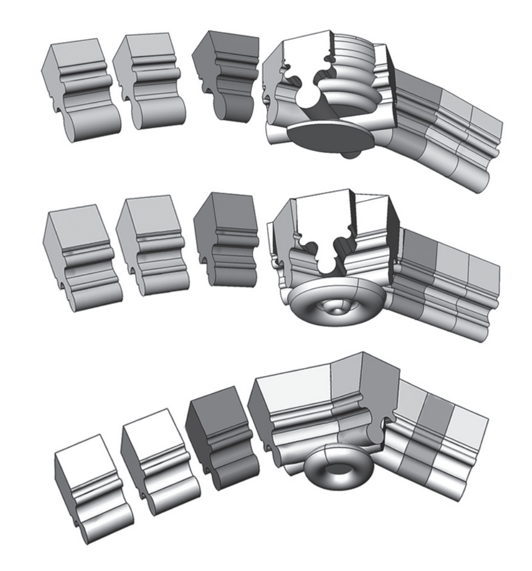


Figura 11
Tipos de claves (Desde arriba: primer tipo, segundo y tercero) (dibujo de la autora)

Plementería

Prácticamente en la totalidad de las sexpartitas españolas las plementerías son superficies regladas que se forman con hiladas rectas de plementos adinteladas entre los arcos de apoyo. Sin embargo algunos ejemplos, como las bóvedas de las Iglesias de Gamonal, Utiel y la ermita de Valdefuentes, presentan superficies de doble curvatura, con hiladas de plementos que describen pequeños arcos entre sus apoyos.

La plementería de las bóvedas españolas es de sillarejo de piedra. Solo encontramos dos casos con plementerías de ladrillo: la Iglesia de Utiel, que es tabicada, y las bóvedas de Roncesvalles, de rosca de ladrillo y probablemente posteriores.[10]

Conclusiones

Se han estudiado todas las bóvedas sexpartitas encontrados en España. Atendiendo al análisis de la geometría de sus nervios se han clasificado en tres grupos. Los dos primeros tienen sus ojivos semicirculares con sus centros en la imposta, sin embargo mientras que en el primer grupo el nervio central es semicircular muy peraltado, en el segundo es apuntado con un ligero peralte. Al tercer grupo pertenecen la mayor parte de los ejemplos españoles, y se define por tener los nervios diagonales apuntados con su centro en la imposta. Es posible que las ventajas que presenta este último grupo hayan propiciado su mayor expansión ya que permite la estandarización de todos sus nervios, que presentan un menor empuje por lo que se puede aligerar su contrarresto. Además la geometría de los ojivos permite cierta libertad para elegir la altura de la bóveda, que ya no viene dada por la luz en planta de la diagonal.

Durante los siglos XII y XIII se produce un gran desarrollo de la estereotomía gótica en España. Los primeros ejemplos muestran aun torpes soluciones donde los arranques de los nervios se resuelven con dovelas independientes y la geometría de sus arcos no permite su estandarización. Algunos ejemplos muestran las primeras soluciones para los jarjamentos donde la talla aún no resuelve el encuentro con las dovelas de los nervios adecuadamente. En otros casos encontramos ya grandes y complicadas jarjas. La geometría permite ahora la estandarización de sus nervios a partir de una única curvatura. Destacamos tres ejemplos por su calidad y complejidad estereotómica; la Iglesia de San Saturnino en Pamplona y los monasterios de Santa María de Huerta y Las Huelgas Reales de Burgos.

Las dovelas de las bóvedas sexpartitas se tallan sin curvatura con la ayuda de la escuadra, siendo iguales para todos los nervios, y se calzan en su trasdós con cuñas para describir la curvatura de los arcos. El cenobio burgalés es el único ejemplo construido con dovelas largas, curvas y talladas con baibel. Asistimos quizá al inicio de la utilización de las nuevas herramientas y técnicas para la talla, que darán lugar a los grandes abovedamientos del gótico tardío.

Notas

1. Los ejemplos medidos con estación total son: catedrales de Cuenca (56.822 puntos medidos), Sigüenza (34.052) y Ávila (24.537), Monasterios de Santa María de Huerta (26.945), las Huelgas Reales (14.977), y de Santa María de Piedra (4.057). Las iglesias de San Saturnino (38.115) y Roncesvalles (12.269).
2. Torres Balbás describe los avatares de la colegiata. A pesar de los acontecimientos sufridos, sus nervios de piedra parecen ser los originales, ya que no se menciona alteración alguna.
3. El perpiaño occidental está peraltado y alcanza la altura de la clave y su rampante es horizontal.
4. Se había realizado una primera clasificación (Palacios y Maira 2014) sin embargo los últimos ejemplos estudiados nos han obligado a añadir un nuevo grupo.
5. El tercer grupo de la clasificación se concentra en la zona Norte de la Península, sin embargo contamos con dos ejemplos en la zona central: el crucero conquense y la iglesia de Salmerón.
6. Se intuye el despiece en algunas zonas de la bóveda norte. Parecen ser dovelas cortas y rectas, y plementos pequeños y rectangulares.
7. En Gamonal las primeras dovelas de cada nervio tienen el doble de longitud que las demás. Aunque son dovelas independientes, parece que su maestro conocía la solución de las Huelgas, donde las piezas de jarja destacan por su enorme altura.
8. La altura de las piezas de jarja de San Saturnino es variable, algunas alcanzan el doble de altura que otras. Esto podría indicar la ejecución de sus plantillas una vez recibido el material en obra, ya que dependiendo del tamaño del bloque se definía la altura de la pieza para aprovechar el material al máximo.
9. El nervio ojivo de la sexpartita forma un ángulo más abierto con el perpiaño, por lo que el espacio entre am-

bos es mayor. Esta podría ser la razón de separar el jarjamento en dos partes.

10. Podrían ser el resultado de las restauraciones posteriores al incendio sufrido en el siglo XV.

Lista de referencias

Choisy, Auguste. [1899] 1996. *Histoire de l'architecture*. France: Bibliothèque de l'Image.

Lambert, Elie. [1931] 1985. *El arte gótico en España.* Madrid: Editorial Cátedra.

Lampérez y Romea, Vicente. 1909. *Historia de la Arquitectura Cristina Española en la Edad Media. Tomo II.* Madrid.

Maira Vidal, Rocío. (2015a). «Bóvedas sexpartitas. Estrategias geométricas y constructivas empleadas durante el reinado de Alfonso VIII». *Anales de Historia del Arte. Vol. 25. Núm. Esp. (II).* Madrid.

Maira Vidal, Rocío. (2015b). «The construction of sexpartite vaults in Europe». *5TH International Congress on Construction History. Vol. II.* Chicago.

Palacios Gonzalo, J.C. y R. Maira Vidal. 2014. «Les voûtes sexpartites: France, Espagne». *Deuxième congrès francophone d'histoire de la construction.* Lyon.

Palacios Gonzalo, José Carlos. 2009. *La Cantería Medieval. La construcción de la bóveda gótica española.* Madrid: Munilla-Lería.

Viollet-Le-Duc, Emmanuel. [1854] 1996. *La construcción medieval.* Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Eladio Dieste en el Corredor del Henares

Ana Mª Marín Palma

Eladio Dieste nace en Artigas, Uruguay, el 10 de diciembre de 1917, fallece en Montevideo, el 20 de julio de 2000. Se licenció en 1943 en la Facultad de Ingeniería de Montevideo, entrando en ella al año siguiente como profesor en la asignatura de Mecánica Teórica, trabajo que compagina calculando y construyendo con el hormigón armado para diversas compañías privadas. Interesado por el ladrillo como material estructural, desarrolla una primera y única experiencia en 1945, junto con el arquitecto Antonio Bonet (1913-1989), en donde Dieste le propone al arquitecto sustituir las cáscaras de hormigón armado de las bóvedas, que debían de cubrir la casa Berlinghieri, en el Departamento de Maldonado (1945-47) por cáscaras de una sola hoja de ladrillo colocada en plano, introduciendo armadura de acero en las juntas de mortero y utilizando como medio auxiliar, una cimbra móvil. Bonet acepta el cambio naciendo de esta manera lo que sería la cerámica armada. Esta invención no se volvería a utilizar más (Marín, Barluenga 2014, 94), hasta que en el año 1954, Dieste decide fundar en Montevideo con su amigo y antiguo compañero de facultad, Eugenio Rolando Montañéz (1916-2001), la empresa DIESTE & MONTAÑEZ, S.A., dedicada al proyecto y ejecución de obras, desarrollando la tecnología de la cerámica armada, y realizando con ésta toda su producción arquitectónica e ingenieril.

Con el nuevo material creó todo un repertorio de tipologías para dar respuesta a la construcción de cualquier parte de un edificio, como fueron las estructuras laminares para la contención, losas planas, laminas plegadas, cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos, o láminas de doble curvatura, en programas tan variados como naves industriales, edificios comerciales y deportivos, iglesias o viviendas, siendo de destacar la Iglesia de Atlántida (Canelones 1958-60), Terminal de ómnibus de Salto (1973-74), Agroindustria Massaro (Canelones, 1976-78), Silo horizontal de la cooperativa agrícola de Young Limitada (río Negro, 1976-78), Deposito Julio Herrera y Obes (Montevideo, 1977-79), Refrescos del Norte (salto, 1977-80), o el Centro comercial Montevideo Shopping Center (Montevideo, 1983-85).

Vendrán posteriormente los reconocimientos internacionales como el Premio a la obra global de la Bienal de 1990 en Quito, Ecuador; el Premio Interamericano de cultura «Gabriela Mistral» en su apartado Ciencias y Artes Plásticas convocado por la Organización de los Estados Americanos (OEA) en 1990, el Premio América a la Obra Global en 1991, o el homenaje a toda la labor realizada por parte de la Universidad de la República, realizándose el acto en la iglesia de Atlántida, en 1993.

Torre de Aragón

En el verano de 1993 viene a la ciudad de Alcalá de Henares para impartir uno de los cuatro talleres que se debían celebrar dentro de la V Conferencia Internacional sobre Conservación de Centros Históricos y



Figura 1
Torre de Aragón. Foto tomada en el mes de Julio del año 1993, cuando Dieste visito el lugar objeto del taller junto a sus alumnos. El primero de la foto, con camisa y sombrero blanco es el ingeniero. Foto de la autora

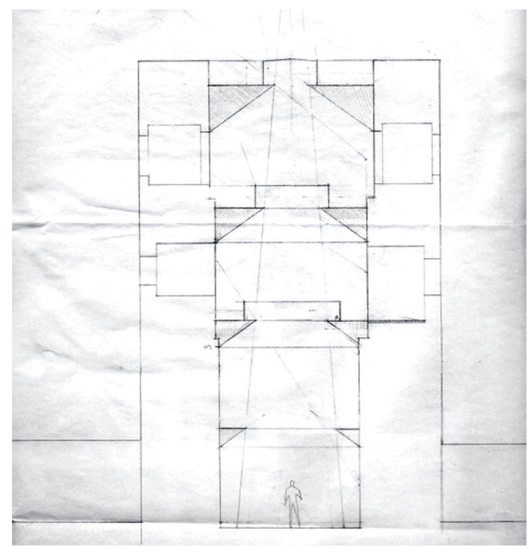


Figura 2
Croquis de la actuación propuesta por Dieste para la Torre de Aragón. Imagen de la autora

Patrimonio Edificado Iberoamericano, organizada por el Consejo Académico Iberoamericano.

El evento se estructuraba en dos bloques, uno dedicado a conferencias magistrales, ponencias, y mesas redondas, y el otro al desarrollo de cuatro talleres de arquitectura (Secretaria General de la V Conferencia 1993, 26) impartidos por Jorge Moscato (1949), Giorgio Lombardi (1941-2006) Rogelio Salmona (1927-2007), y Eladio Dieste; dedicándose éste último a una intervención en el castillo de Molina de Aragón, en la provincia de Guadalajara. Los talleres se programaron en dos fases, la primera simultáneamente con el primer bloque, entre los días 26 al 31 de Julio, realizándose la toma de contacto con los alumnos, la visita a los lugares objeto de los talleres y las primeras discusiones de las propuestas. La segunda fase se realizó entre los días 20 al 25 del mes de septiembre, en la que se terminaron los trabajos y se presentaron.

El planteamiento original del Taller de Eladio Dieste, requería habilitar en la Plaza de Armas del Castillo unas dependencias universitarias relacionadas con cursos especializados para la Universidad de Alcalá (Moreno 1995, 301). Pero cuando Dieste visitó el Castillo en el mes de Julio, le fascinó tanto la torre albarrana, llamada Torre de Aragón, (figura 1) que decidió ampliar la posibilidad de actuar también sobre ella, e incluso proponer[1] su propia propuesta de intervención: «Todos fuimos conscientes de la muy peculiar carga, podríamos decir metafísica, que tiene este torreón, en que parece evidenciarse los fines últimos de la arquitectura que nos parecen ser, como los de todo arte, una comunicación con el misterio último del universo, cosa que aquí, repito, nos pareció singularmente evidente. A lo que tendieron todos los proyectos fue a enfatizar esta característica que todos vimos desde el principio. Los matices fueron aquí de poner el acento más en esa dimensión que llamamos metafísica o en la ornamentación de lo existente aunque poco a poco el acento se fue poniendo también, por una suerte de ósmosis mutua, en lo primero. Sobre este tema la dirección del taller hizo su propio proyecto y es aquí de destacar la acción eficiente y sensible de la Srta. Arq. Ana Marín que no fue una colaboradora en un proyecto de otro; el proyecto fue común. Es de destacar también el enriquecimiento que supuso para todos la compañía y los diálogos que supone, arquitectónica y humanamente».[2]

La torre en esa fecha, solo conservaba las fachadas, por lo que el planteamiento consistió en disponer unos casquetes de ladrillo a modo de forjados, con un óculo central, de manera que según se iba ascendiendo la distancia entre ellos disminuía, para

provocar una sensación de profundidad mayor al espacio disponible. La propuesta, una vez dibujada, le satisfizo mucho, en todos los aspectos, porque jugaba con el espacio con una intervención mínima, era reversible, no visible desde el exterior, y ante todo porque se trataba de una nueva tipología formal-constructiva-estructural que desarrollaría en trabajos posteriores. Esta nueva tipología consistía en crear bóvedas, desplazando el ladrillo sobre el ladrillo en que apoya (figura 2).

A partir de este taller Dieste comienza una amistad con el grupo de arquitectos de la Universidad y del Obispado de Alcalá[3] llevándole a realizar diversas colaboraciones posteriores.

Escalera de acceso a la cubierta en la Planta Piloto de Química Fina

La Universidad de Alcalá estaba, y sigue estructurada, en tres campus: el Campus histórico, en el centro de Alcalá, el Campus Externo o Campus Científico-Tecnológico a unos tres kilómetros de la ciudad, y el Campus de Guadalajara.

Cuando Dieste visita en Julio de 1993 el Campus Externo de la Universidad, se estaba empezando a construir la Planta Piloto de Química Fina, «un centro de investigación destinado y concebido a estimular la colaboración Universidad-Empresa, promoviendo la incorporación de nuevas tecnologías limpias al sector industrial Químico-Farmacéutico y relacionados» (Universidad de Alcalá 2015). El edificio de dos plantas, una de ellas bajo rasante, debía de albergar gran cantidad de maquinaria para el funcionamiento de los distintos laboratorios y del propio edificio, disponiéndose que está debía ir sobre la cubierta, proyectándose que la escalera de comunicación con ésta fuera exterior, situándose en uno de los dos patios abiertos del los que disponía el edificio, con el fin de no producir interferencias entre el personal científico y el de mantenimiento. La escalera se pensó similar a la torre-campanario de la iglesia de Atlántida, ejerciendo aquí una doble función, la de dar acceso a la cubierta, y la de lugar para poder visionar el paisaje. Cuando se le comunicó a Dieste, este se ofreció generosamente como calculista de este objeto arquitectónico.

La escalera-torre se realizó entre abril y mayo de 1995, con el mismo ladrillo que el del edificio, un ladrillo aplantillado de Camas, de espesor 4 cm, con desigualdad en su colorido (figura 3).



Figura 3
La torre-escalera de acceso a la cubierta, en el primer patio del edificio de la Planta Piloto de Química Fina. Foto de la autora.

Los peldaños se realizaron todos previamente al comienzo de la obra de la escalera como elementos prefabricados, armándoles convenientemente (figura 4), colocándose según se iba realizando el muro exterior

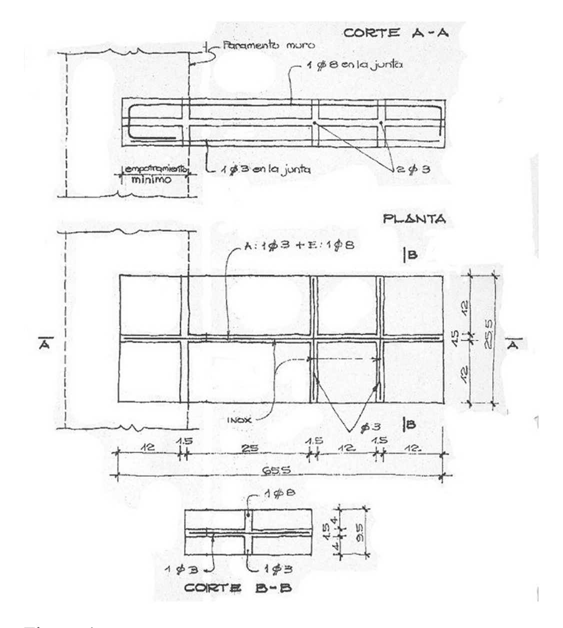


Figura 4
Detalle constructivo de los escalones realizado por Dieste para la torre-escalera de la Planta Piloto. Foto de la autora.

de un pie de espesor, por lo que trabajan como ménsulas al estar empotrados. El andamiaje utilizado fue mínimo, al apoyarse las plataformas de trabajo en el mismo muro que se iba ejecutando.

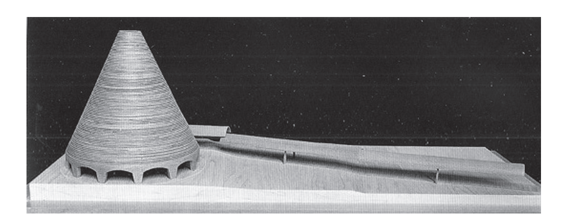


Figura 5
Maqueta de los elementos que componen el camino (Jiménez 1996, 203)

El Camino de estudiantes en la Universidad de Alcalá

El Campus Externo de la Universidad de Alcalá en el año 1993 tenía una superficie de 250 hectáreas, y se dividía en dos zonas, tanto funcional como topográficamente. En la parte baja, zona sur, se encontraban, el apeadero del tren, la facultad de Ciencias, el vivero del Jardín Botánico, y la Planta Piloto de Química Fina. Al norte, las facultades de Farmacia, Medicina, el Hospital Universitario, la Escuela de Telecomunicaciones, y la zona deportiva. Había un eje viario asfaltado, acerado e iluminado pero quedaba muy desplazado del eje que unía los distintos edificios, por lo que el camino más corto era el sendero realizado por las miles de pisadas de estudiantes que diariamente atravesaba la vasta pradera, sin apenas vegetación y sin ningún servicio. Lo que la Universidad le propuso a Dieste es que materializase ese camino dotándole de los servicios más básicos: techo, suelo, iluminación, y zonas de descanso.

El proyecto entero, de más de kilómetro y medio de longitud, constaba de 52 bóvedas, cuya estructura principal era una doble ménsula de 15 metros de vo-

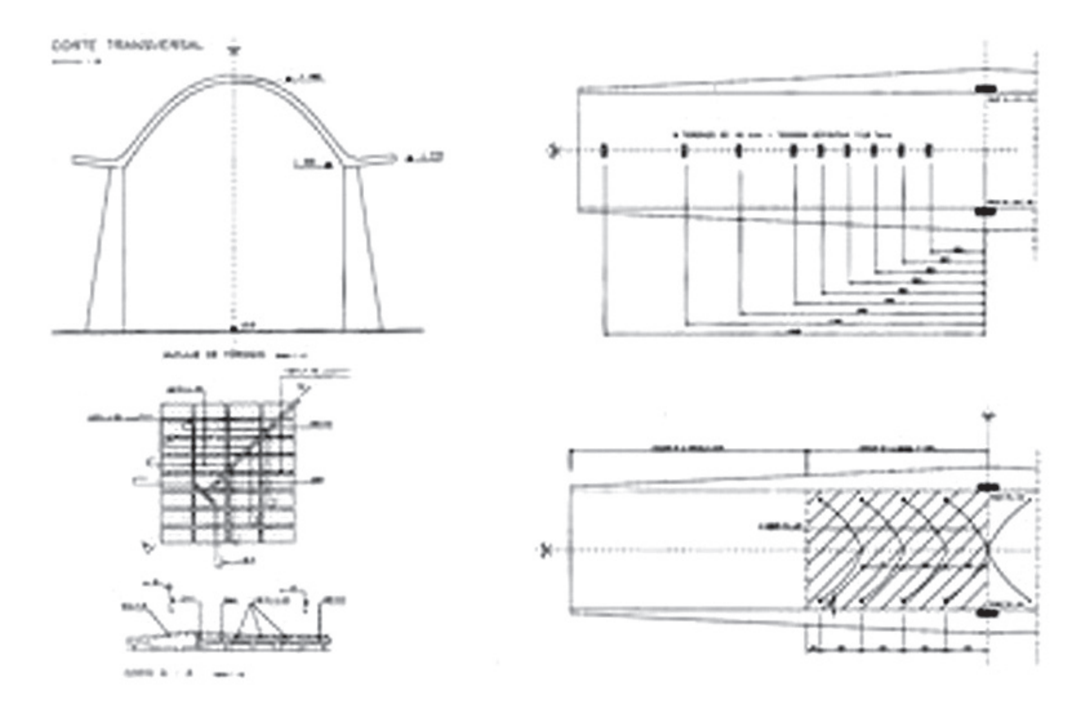


Figura 6
Pérgola. La figura se corresponde con la disposición de los cables de precomprimido y anclaje de los corones (Jiménez 1996, 205)

lado (la unidad tenía 30 m de largo total) en bóvedas de cerámica armada precomprimida de simple curvatura, apoyadas en solo dos pilares centrales, uno por lado, de hormigón armado, de 6,0 m de luz (figura 5), que iban repitiéndose de forma escalonada y contrapeándose unas con otras, cubriendo los diferentes recorridos entre las distintas áreas del Campus, y con la estación de ferrocarril.

El camino principal creado por las pérgolas se interrumpía por 3 conos truncados construidos en ladrillo armado de 1/2 pie de grosor, de 25,00 m de diámetro y 20,00 m de altura, que debían de servir de lugares de descanso y encuentro. La parcelas de cada una de las facultades también tenían sus propias zonas estanciales cubiertas por conos pero más pequeños de 17,50 m. de diámetro y 17,25 m de altura.

La utilización de la bóveda de simple curvatura, era un elemento ampliamente desarrollado por Dieste, desde la primera bóveda realizada en cerámica armada en la casa Berlinghieri[4], pasando por las de la casa Dieste,[5] en Montevideo (1959-63), hasta las de la terminal de ómnibus en Salto[6] (1971-74), donde antepone la economía de medios para realizar una obra del arte estructural, pero lo que las diferencia con las Pérgolas de la Universidad de Alcalá (1996) es que aún utilizando la misma tipología constructiva-estructural, aquí las proyecta como un objeto arquitectónico exento (figura 6).

También era la primera vez que desarrollaba cúpulas cónicas, que debían de construirse sin encofrado alguno, sin más que desplazando en volado cada hilera de ladrillos respecto a la anterior, a igual que había proyectado unos años antes en la Torre de Aragón (figura 7).

En el número 7 de la revista Construir, Dieste se expresa de la siguiente manera sobre el proyecto de las pérgolas y los conos de la Universidad: «Imaginándomelo en la casi llanura despojada en que será construido, creo que dará unidad plástica al conjunto de edificios que forman el campus, y que ahora están como sueltos. Mirando desde el apeadero hacia las facultades vemos una típica llanura castellana (amarilla cuando la vi por primera vez, al principio del otoño) y a la derecha unas serranías azules a la distancia. Pues bien, creo que las pérgolas serán la respuesta plástica, al paisaje dramático de España y que el Campus tendrá una dimensión expresiva muy distinta después de construidas las pérgolas. Nos ayudarán a leer y sentir ese paisaje,

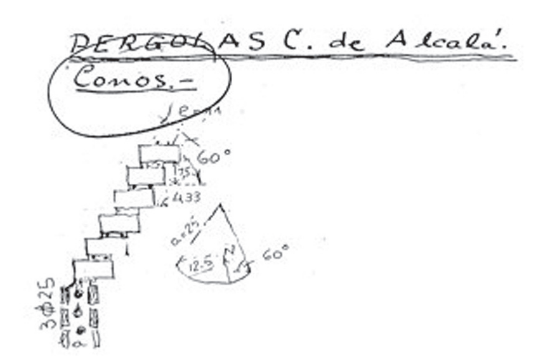


Figura 7
Detalle constructivo del cono, realizado por Dieste. Imagen de la autora

que él se nos desvele, y ese desvelar se agudizará cuando discurramos bajo las cáscaras o cuando nos distendamos en las plazas, bajo las cúpulas de ladrillo».

Sin embargo, de todo el ambicioso plan anterior, el ingeniero sólo pudo ver erigidas las dos primeras pérgolas que se terminaron de realizar en el año 1996 (figura 8), como prototipos constructivos, ya que lo que tendría que ser la obra global comenzó dos años más tarde, en 1998, con un proyecto cofinanciado entre el Ministerio de Fomento y la Universidad de Alcalá, pero problemas estructurales durante su ejecución provocó que la obra se parase, y se suspendiera, realizándose unas pérgolas de estructura metálicas, ya sin la autoría de Dieste.

Cúpula de la iglesia de San José de Caracciolos en Alcalá de Henares

La iglesia de San José de Los Caracciolos (1635) forma parte de un conjunto constituido también por un Colegio (1622) que le da el nombre, siendo actualmente teatro universitario y facultad de Filosofía y Letras respectivamente, pero en el año 1993, cuando Dieste visita la iglesia, no tenían uso alguno. La iglesia conservaba los dos muros laterales, el muro de fachada, parte de la estructura abovedada y sólo el tambor de la cúpula. El muro de cabecera se había descalzado, asentándose, lo que había dejado sin atar los muros laterales que habían girado, y las bóvedas habían comenzado a descender. A esta situación se

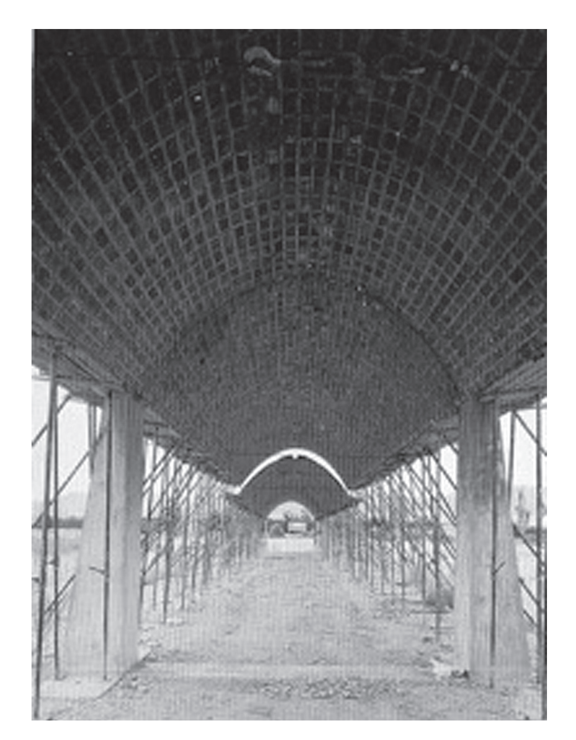


Figura 8
Las dos primeras pérgolas durante su construcción (Jiménez 1996, 202)

había llegado principalmente por un incendio ocurrido en el interior del recinto en el año 1966, cuando era granero militar.

Inspeccionada la iglesia, muros, cimentación y bóvedas, la intervención planteada por Dieste fue mínima, pues el estado en que se encontraba se debía más a la situación de abandono, que a causas estructurales propias de la construcción. Básicamente se propuso un refuerzo de los elementos verticales, un atado horizontal a nivel de la cornisa, reconstruir las bóvedas destruidas y la cúpula.[7]

La Diócesis de Alcalá

La Diócesis de Alcalá, a principios de los años noventa tenía unas necesidades inmediatas de construir lugares de culto en las nuevas áreas urbanizadas de Alcalá, Torrejón, Coslada, Rivas, Arganda, o Paracuellos, aunque los recursos económicos eran escasos (Clemente 2014), por lo que una vez terminados los talleres de la V Conferencia se le planteó la posibilidad de realizar iglesias en España, ofreciendo no solo su colaboración, sino los planos de la iglesia de Atlántida para que pudiéramos estudiar con detalle la tecnología de la cerámica armada.

Capilla de Nuestra Señora de la Espiga

En 1996 realiza la estructura para la capilla al aire libre en Ajalvir (Madrid), dedicada a la Virgen de la Espiga. Ésta consistía en dos cáscaras circulares de ladrillo, sobrepuestas. La primera cáscara era un cono de

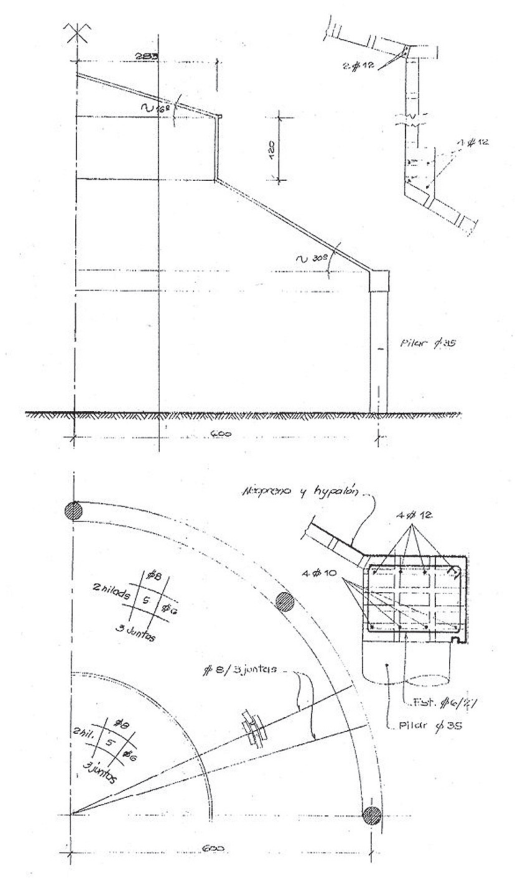


Figura 9
Sección y planta de la propuesta constructiva, realizada por Dieste. Imagen de la autora

base circular de 5,66 m de diámetro que apoya en un cilindro, y éste sobre un tronco de cono de 12,00 m de diámetro mayor, que apoya a su vez en unos pilares de piedra que debían de ser reutilizados (figura 9).

Iglesia Parroquial Madre del Rosario en Los Olivos, Mejorada del Campo

Fue el primer templo realizado,[8] tomando como referencia la iglesia de san Pedro de Durazno. La planta de la nave es igual a la uruguaya pero sus dimensiones espaciales son mucho menores, casi un tercio menor. En proyecto se realiza un atrio[9] en donde iba a ir el centro parroquial, pero cuando se comienza la obra se deja para una segunda fase, no realizándose ya, por lo que los pies de la nave con su rosetón son visibles desde la calle. El área de la iglesia es de 545 m^2 y el del centro parroquial que iría en los pies de la iglesia de 230 m^2.

Conjunto Parroquial de San Juan de Ávila, en Alcalá de Henares

Para este solar se partió de los croquis, y de la maqueta de la inacabada obra de nuestra Señora de Lourdes en Malvín, pero el solar alcalaino, sensiblemente menor al uruguayo permitió realizar prácticamente un templo nuevo. En la figura 10 se puede ver la relación de los alzado de las dos iglesias.

Los muros son de 30 cm de espesor en total y están construidos a base de dos medios pies entre los que queda un enfoscado sobre la cara exterior y, sobre éste, una capa de poliuretano proyectado, más una cámara de aire de unos 4 cm. Para asegurar el correcto trabado de las dos hojas se van disponiendo llaves de acero de atado entre los dos muros, colocando una cada metro al tresbolillo. En este caso, no era necesaria armadura horizontal, pero como medida preventiva se situaron cada cuatro hiladas, unos redondos de 5 mm, adaptándose en cada altura a la forma del muro. Además de esto, en el enfoscado se dispuso una fina malla de alambre de 3 mm en cuadrícula de 25 × 25 (...). Una particularidad se observa en la teja que conforma el presbiterio, ya que en ella, la directriz inferior y superior es un círculo de distinto radio; cuya separación entre los muros de medio pie pasa de ser de 4 a 70 cm, lográndose en el interior de los mismos un espacio sorprendente y mágico, que, además, permite la ubicación de la rampa catalana de acceso a las cubiertas y que actúa como llave de unión entre las dos hojas del muro.

Estas paredes se terminan en una gran viga de borde horizontal que absorbe los empujes de las bóvedas, aloja en su espesor los tirantes, permite la ejecución de las pendientes para la caída de las aguas y, finalmente, hace de alero.

Las cubiertas son bóvedas gausas (...). La altura de estas bóvedas es de 12 m sobre el suelo y tienen una luz media de 12 m, llegando la máxima a algo más de 15 m, mientras que la flecha oscila entre los 8 cm y 140 cm de máxima. En el espesor mínimo pueden alojarse los tensores que hemos indicado que resisten el empuje de las bóvedas y recogen los esfuerzos para evitar los dislocamientos de la estructura.

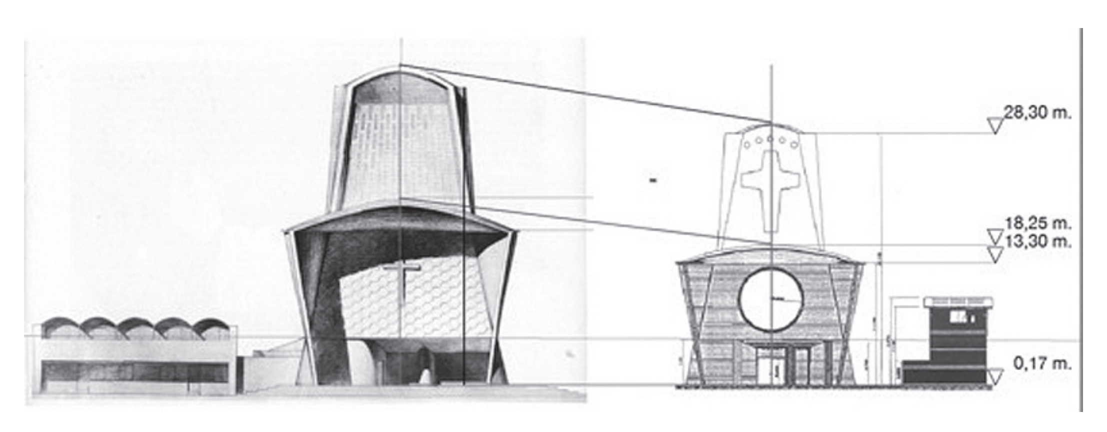


Figura 10
Relación de la iglesia de Nuestra Señora de Lourdes de Malvín (Carbonell 1987, 57; La Hoz, Clemente 1998, 46)

El cierre de la iglesia se realiza con un rosetón de 6 m de diámetro realizado por Carlos Muñoz de Pablos. Se construye también una casa parroquial exenta de 230 m^2 de una sola planta (...).

El coro se construyó mediante un forjado inclinado de ladrillo con la cara inferior de ladrillo a tabla y la superior a base de un encofrado con ladrillo que conformaban unas vigas en especie de T. Todo el muro de cerramiento de la iglesia, en el que se encuentra el gran rosetón de vidrio, diseñado por Carlos Muñoz de Pablos, es independiente, estructuralmente, del resto de los muros de la iglesia y así se manifiesta expresamente al no tocar en ningún momento a los mismos y articularse contra ellos a través de unos huecos cerrados con largos corridos de alabastro (La Hoz, Clemente 1998).

San Juan de Ávila, recibió en 1998 el premio de la Bienal Iberoamericana de Arquitectura e Ingeniería Civil.[10]

Iglesia Parroquial Sagrada Familia en El Juncal, Torrejón de Ardoz

Se comienzan las obras de la iglesia parroquial de la Sagrada Familia en Torrejón de Ardoz[11], teniendo como base de proyecto la iglesia de Atlantida, reduciéndose las proporciones en planta, aunque no la sección.

Iglesias parroquiales de Santa Cruz en Coslada y Virgen de Belén en Alcalá de Henares

Estas iglesias fueron proyectadas totalmente en España, con la tecnología de la cerámica armada.

Notas

1. Se impartieron cuatro talleres, el taller 1: «Sobre la Universidad en su territorio: continuación del Jardín Botánico y Parque Empresarial Científico-Técnico en las fincas del Carmen, Encín y Cárcel de Alcalá-Meco» (Programa V Conferencia 1993, 26), dirigido y tutorizado por Jorge Moscato, donde «Sobre un territorio superior a 250 hectáreas, se pretende ahora no sólo tantear opciones alternativas a lo ya planificado, sino también proyectar una serie de edificios de equipamiento complementario en diversas zonas del propio Jardín Botánico» en el Campus externo de la Universidad de Alcalá (Moscato 1995, 305). El taller 2: «Sobre capacidad regenerativa de la actividad universitaria: recuperación de los Cuarteles de O´Donnel para Universidad de América» (Secretaria General de la V Conferencia 1993, 26), dirigido por Giorgio Lombardi y tutorizado por Francisco Pol, estaba enfocado a «la recuperación de los antiguos edificios localizados en el Centro Histórico de Alcalá de Henares, de manera que se consiga el doble objetivo de integrar este conjunto de más de 45.000 m^2 en su contexto urbano, al tiempo que lograr su adaptación funcional como sede de la futura Universidad de América» (Lombardi 1995, 303). El taller 3: «Sobre alojamiento universitario: manzana noroeste del Jardín Botánico» (Secretaria General de la V Conferencia 1993, 26), dirigido por Rogelio Salmona y tutorizado por Aurora Herrera. El taller 4: «Vigencia de la capacidad utópica de la Universidad: el nuevo Campus de Guadalajara. Actuación de las residencias de Congresos Universitarios sobre el Castillo de Molina de Aragón» (Secretaria General de la V Conferencia 1993, 26), dirigido por Eladio Dieste y tutorizado por la autora de esta comunicación.
2. Del texto realizado por Eladio Dieste con motivo de la clausura de los talleres.
3. Carlos Clemente, Juan de Dios de la Hoz, José Luis de la Quintana, José Luis Mesejo, y la autora de esta comunicación.
4. Para la casa Berlinghieri se realizaron bóvedas de 6 m. de luz, utilizando como directriz la forma de una catenaria y con una flecha 1/6 de la luz. La cáscara era de una sola hoja de ladrillo, puesto de plano, es decir, tenía un espesor de 5,5 cm. Embebido en las juntas de mortero de la fabrica, que tenían 2 cm de espesor, colocó alambres de 4 mm de diámetro. Sobre la bóveda se pusieron unos ladrillos de canto y sobre ellos un ladrillo de 3 cm de espesor, a fin de dejar una cámara de aire de unos 12 cm de espesor, para aislar térmicamente el conjunto. Como medio auxiliar utilizó una pequeña cimbra móvil, de 1,50 m. de longitud, que iba trasladando manualmente todos los días, siendo esto posible por ser el mortero de las juntas el único material que tenía que fraguar y, ser una cantidad muy pequeña con respecto al resto de la bóveda (Marín, Trallero 2005).
5. Cuando Dieste quiere cubrir esta casa tiene en mente tiene la bóveda autoportante de directriz catenaria, que ya había utilizado en la casa Berlinghieri, pero las diferencias con aquella son varias e importantes para el desarrollo posterior de esta tipología. La más importante es que la bóveda se nos muestra tal y como se ha construido, una cáscara de ladrillo compuesta por una lamina de ladrillo de 5,50 cm de espesor, que arma en las dos direcciones y que cubría unas luces de 2,90, 3,00 m y 4,60 m. con una flecha de 1/4 de la luz para las bóvedas pequeñas y 1/4,5 para la de luz más grande. Sobre los ladrillos colocó una capa de mortero de 2 cm, en la que deja embebida una malla electrosoldada, para evi-

tar las fisuras de retracción, y sobre ésta y dado que esta en una vivienda coloca una capa de aislamiento térmico y, finalmente, como acabado, un ladrillo de tres centímetros de espesor, denominado «tejuela». El resultado del conjunto es una lamina de 12 cm.

Hay también un avance estructural, aunque no muy significativo, y es que aunque elimina los tensores interiores, como aun no había experimentado con el nuevo material–la cerámica armada- ni con el tipo estructural– bóvedas de directriz catenaria-, esta inseguridad se muestra en que, a pesar de la reducida luz a cubrir, cierra parcialmente los testeros, con el fin de mejorar las condiciones de resistencia y de rigidez de las laminas realizadas (Marín 2007).

6. Se trata de una batería de siete bóvedas, que cubren una luz transversal de 5,75 m, con una flecha de 1/3 de la luz. La longitud de las generatrices es de 23,50 m, apoyándose cada una de ellas sobre un pilar, es decir las bóvedas vuelan 11,75 mas 1,13 m. libremente En esta estación, las bóvedas extremas en lugar de terminarse en una losa volada, lo hacen además en una viga precomprimida muy esbelta, es decir, la batería de bóvedas se cierra con una gran L limitando de esta manera el espacio y no dejando que este fluya. La solución era la más cara y compleja estructuralmente, pero era lo que le pedía a Dieste el uso al que debía de ir dirigido, por ello resolvió primeramente la estructura con las losas voladas de la bóveda, que es lo más sencillo, pero, tras una mayor reflexión, el proyecto y la obra se hicieron con la solución que la imaginación del espacio aconsejaba, y también la menos económica (Marín 2007).
7. La propuesta de Dieste no avanzó más allá de lo que sería un anteproyecto.
8. Fecha proyecto: 1995. Fecha obra: 1996-1998.
9. En la iglesia de Durazno el atrio ya existía, pues era lo único que se mantiene después del incendio.
10. Proyecto: 1994-1995. Obra: 1995-1996.
11. Proyecto: 1997. Obra: 1997-1998.

Lista de referencias

Carbonell, Galaor. 1987. *Eladio Dieste, la estructura cerámica*. Colección Somosur, Tomo I. Colombia: Escala.

Clemente, C. 2014. «Escuela de Arte Cristiano: Las artes en la Liturgia del Templo. Chiesa Oggi 95». Fuente: http://www.dibaio.com/cultura/redazionale/bellezza-arte-architettura-liturgia/carlos-clemente---escuela-de-arte-cristiano-las-artes-en-la-liturgia-del-templo.aspx. Consulta el 6 de julio de 2014.

La Hoz, J., y Carlos Clemente. 1998. «La construcción con cerámica armada. Iglesia de san Juan de Ávila, en Alcalá de Henares España». *Informes de la Construcción*, Vol. 49, nº 453: 41-53. Fuente: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/919/1002

Consulta el 17 de agosto de 2014.

Jiménez, Antonio. 1996. *Eladio Dieste, 1943-1996*. Sevilla: Departamento de Publicaciones Junta de Andalucía.

Lombardi, Giorgio. 1995. *La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. Taller I: Cuartel de Lepanto*. Madrid: Departamento de Publicaciones del COAM, 303-304.

Marín, A. 2007. «Cáscaras autoportantes de directriz catenaria sin tímpanos en cerámica armada». *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Volumen II. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, CAATC, 631-637

Marín, A. y Antonio Miguel Trallero. 2005. «El nacimiento de la cerámica armada». *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Volumen II. Madrid: Instituto Juan de Herrera, SEHC, COAC, CAATC, 707-715.

Marín, A. y Gonzalo Barluenga. 2014. «Eladio Dieste and the reinforced ceramic: Shape and structure». *Arquitecturas del Sur*, 32, nº 45: 90-103.

Moreno, J.R. 1995. *La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. Talleres de Arquitectura.* Madrid: Departamento de Publicaciones del COAM, 301-302.

Moscato, J. 1995. *La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía. Taller II: Jardín Botánico*. Madrid: Departamento de Publicaciones del COAM, 305-306.

Secretaria General de la V Conferencia.1993. «La Ciudad del Saber, Ciudad, Universidad y Utopía 1293-1993». *V Conferencia Internacional sobre conservación de centros históricos y patrimonio edificado iberoamericano.* Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.

Universidad de Alcalá. 2015. *Planta Piloto de Química Fina. Introducción*. Fuente: http://www.ppqf.net/. Consultada el 28 de febrero de 2015

La arquitectura tabacalera en La Habana. Las fábricas palaciegas (ss. XIX-XX)

Alain Marrero Cordero

En 1817, se produce el desestanco sobre la producción y comercialización del tabaco en Cuba. A partir de ese momento surgen en la Habana disímiles establecimientos que de manera disgregada comienzan a producir tabacos de todos tipos y clases. La competencia entre ellos llevó al triunfo de unos y a la desaparición de otros, los primeros según fue aumentando su fama comenzaron a agrupar un número significativo de marcas y a mover por todo el mundo una importante cantidad de mercancía. Fue necesario entonces salir de los primitivos *chinchales* y concentrar la producción en un solo inmueble.

Fisonomía de La Habana del s. XIX

El período de inicio y auge de la producción tabacalera coincidió en tiempo y espacio con el desarrollo urbano – arquitectónico de La Habana. Fue durante el siglo XIX que la ciudad se expandió fuera de las Murallas, las que desparecerían en el último tercio de siglo. Se abrieron nuevas calzadas y se crearon nuevos paseos como el de Isabel II (actual Paseo del Prado) y el de Carlos III (hoy Ave. Salvador Allende), en su mayoría luciendo extensos portales. La instalación del ferrocarril, los proyectos de acueductos y la promulgación en 1861 de las nuevas Ordenanzas de Construcción para La Habana dieron un fuerte empuje al desarrollo urbano-arquitectónico de la urbe. Este siglo acogió el asiento del estilo neoclásico en la arquitectura habanera, borrando la huella barroca que imperaba y regalándole nuevos aires de modernidad. Las edificaciones se levantan con muros de mampuesto o piedra e introducen – más avanzado el siglo – el ladrillo, permitiendo una disminución del ancho de los muros. En este siglo comienzan a aplicárseles a los muros revoques y a este una paleta de colores. A finales del siglo aparece la loseta hidráulica o mosaico siendo la fábrica de Tabacos de Calixto López, la primera en usarlos en sus locales interiores (de las Cuevas, 2001). Los techos pasan a ser planos, de vigas de madera, sobre estas se extendía la tablazón la que acogía el enrajonado y luego las losas de barro. En algunos techos se sustituyó la tablazón por losas de barro cocido de 40 y 45 cm de lado.

En este siglo se introducen nuevos materiales en las construcciones habaneras, la invención del cemento portland en 1824 traería un cambio en el modo de fabricar. Se generaliza el uso de azulejos no solo en los servicios sanitarios sino también en los zócalos de los zaguanes y escaleras. Aparecen las tejas planas o francesas traídas por la inmigración haitiana. Se amplia y generaliza el uso del mármol principalmente importado de la región de Carrara en Italia y de la Isla de Pinos en Cuba. Se generaliza el uso del hierro fundido en la ornamentación y como elemento portante en algunas edificaciones como las fábricas de tabaco. La carpintería se transforma de los tableros españoles con postigos a las puertas a la francesa de tableros fijos y persianas, acompañadas de tragaluces en los laterales y parte superior. A finales del siglo y con la invención del acueducto y el al-

cantarillado, comienza el uso de las piezas sanitarias. El s. XIX habanero fue un siglo de progreso, de renovación y desarrollo, de ampliación y modernidad. El estilo neoclásico se apoderó de La Habana para hacer de ella una ciudad elegante.

El palacio habanero

Para estudiar las tabaquerías habaneras, resulta indispensable analizar los palacetes urbanos, pues fueron estos los que sirvieron de antecedente inmediato a las fábricas de tabaco. En realidad, más que antecedentes, las tabaquerías asumieron la tipología de los palacetes, adecuando sus espacios para el procesamiento de la hoja del tabaco.

Entre la bibliografía consultada los textos de Joaquín Weiss, María Luisa Lobo y Alicia García Santana sintetizan a grandes rasgos las particularidades de este tipo de vivienda nacida en el siglo XVIII como casa señorial o Casa almacén y su evolución en el siglo XIX. La casa palaciega o vivienda señorial fue un tipo de vivienda generada por el renacimiento y difundido internacionalmente por el barroco, caracterizado sobre todo por la presencia de un patio con galerías. Al referirse al palacio habanero del siglo XIX, Lobo señala:

> Nuestro tradicional patio rectangular se transforma en un patio cuadrado, rodeado de arcos sobre columnas, al que se accede por un enorme zaguán-cochera. La portada en ocasiones con escudos de armas ahora se ubica en el centro de la fachada principal. Esta vivienda rechaza el acceso acodado de años anteriores y se edifican conforme a una estricta simetría bilateral, aunque a veces, la puerta principal se mantiene a un costado de la fachada tal como vemos en algunas casas de la Plaza Vieja. Eleva también el puntal para acoger el entresuelo, proyectado hacia los exteriores y destinado a oficinas. La planta alta apenas independizada de los bajos por una cancela colocada en el descanso de la escalera principal, era en realidad la vivienda del dueño. Más la planta baja funcionó siempre como almacén, negocio o a veces dividida en accesorias para alquiler. Fue esta la casa-almacén, calificada como señorial (Lobo, 2000)

La presencia del hierro forjado o fundido, es una de las características singulares de la época que caracterizaron a los palacetes. Está presente en las ventanas, balcones, cancelas, escaleras, corredores interiores y verjas, en los extraordinarios guardavecinos, en farolas y portafarolas que admiten diseños de franco clasicismo: cornucopias, grecas, ovas, liras, flechas, y copones. A ello se suman como factores de renovación, las portadas clásicas, los guardapolvos sobre ménsulas en los vanos, los encuadramientos de los lienzos de pared con el uso de pilastras adosadas a los muros, las cornisas voladas y el invariable pretil con sus copas, simples o flamígeras, de barro vidriado u otro material, y los balaustres descubiertos sostenidos por grandes piezas de canto, proyectados hacia la calle. Las coloridas fachadas se realzan a veces con cenefas y distintas escenas, o simulando piedras de cantería.



Figura 1
Antiguo Palacio de Villalba en el reparto de las Murallas donde estuvo instalada en la década del 70 del s. XIX la fábrica de tabacos «La flor de José Suarez Murias» (Foto cortesía María Victoria Zardoya)

Estructura funcional de una fábrica de tabacos

Las fábricas de tabaco desde sus inicios y hasta el presente han variado muy poco desde el punto de vista funcional, lo que ha permitido mantener en uso a través de siglos las mismas industrias. Una fábrica de tabaco está compuesta por diez espacios fundamentales: *almacén, despalillo, barbacoa, liga, reza-*

gado, galera, escaparate, escogida, fileteado y anillado. En cada uno de estos procesos excepto el escaparate está presente la mano del obrero, siendo la galera el espacio principal de la fábrica y donde se agrupa el mayor número de trabajadores de una fábrica.

La construcción de tabaquerías en La Habana del s. XIX

Como se expresó en el primer párrafo de este artículo varios fueron los motivos que propiciaron la aparición de los grandes edificios dedicados a la producción de tabacos en La Habana. ¿Pero qué llevó a que adoptaran la tipología de palacio urbano?

La producción del tabaco habano fue en su mayoría manufacturera, los primeros talleres se instalaron en las casas de los dueños que inscribían la marca. De estos primeros talleres o chinchales poco se conoce. Cuando la producción aumentó y con ella el número de obreros y de marcas fue necesario por parte de los propietarios el alquiler, compra o construcción de espacios más amplios acordes a las nuevas necesidades. La nueva tipología de casa-almacén junto con el poder adquirido por los fabricantes de habanos convirtió la casa palaciega del siglo XIX en el predio ideal para las fábricas de tabaco.

En un inicio entre la década del 40 y el 50 según puede apreciarse en los directorios comerciales de la época las fábricas se instalaron en inmuebles ya construidos, distribuyendo sus labores en las plantas bajas, entresuelos y cuartos en la azotea. La planta baja debió servir de espacio de almacenamiento y el patio para el proceso de moja de la hoja. Luego debió usarse el cuarto en la azotea para secar la hoja y posteriormente en el entrepiso realizar la confección del tabaco. Una vez terminado pasaba hacia la planta baja donde se vestía y empaquetaba. Al cierre de 1859 existían en la Habana 359 establecimientos dedicados a la elaboración de tabaco. La gran mayoría de ellos repartidos entre los actuales municipios de La Habana Vieja y Centro Habana.

Al parecer no sería hasta la década del 60 del s. XIX que comenzarían a construirse edificios propiamente para fábricas de tabaco. Es en esta época que surgen las anillas que servirían para identificar los habanos según su fabricante. Para el año de 1862 existían en La Habana 538 establecimientos que producían tabaco y/o cigarro de ellos 149 tabaquerías con marcas y 349 sin marcas (Pezuela, 1862). En ese momento la población de La Habana era de alrededor de 205 233 habitantes, de estos laboraban 15 128 dentro del sector tabacalero y servían de sustento a 45 384 personas lo que muestra que el 22% de la población de la ciudad o sea más de la quinta parte vivía de la producción del tabaco. De esta década de opulencia del habano no existe memoria o descripción del lugar donde ellos se fabricaban pero al realizar una revisión de los Directorios Comerciales de la época haciendo un enlace con las Ordenanzas de Construcción de 1861, puede asegurarse que debieron existir excelentes edificaciones destinadas a la producción del habano. Por lo general se ubicaron hacia el interior de los barrios de intramuros y entre las Calzadas de Galiano, Monte y Belascoaín.

La primera y sencilla descripción de la que se tiene conocimiento llega de la mano de Samuel Hazard cuando comenta: «La Habana podría ser llamada la ciudad del tabaco, por la reputación y la inmensa cantidad de fábricas, asimismo la apertura de pequeñas tiendas que emplean a tres o cuatro personas o a las inmensas fábricas erigidas expresamente para ese propósito que emplean entre 500 y 600 personas» (Hazard, 1873). Puede apreciarse que en algún momento de los años 60 comenzó la construcción de las fábricas, pero no existen registros de tales edificaciones o archivos que muestren como fueron. Más adelante en su libro Hazard señala: «La fábrica – de D. Anselmo del Valle – es un largo edificio de piedra frente al Campo de Marte. En él se realizan todas labores de fabricación del tabaco, excepto las cajas» (Hazard, 1873). La fábrica a la que se refiere Hazard en el texto era un edificio de dos niveles ubicado en la calle Dragones nos 2 y 4 entre Amistad e Industria, justo a un lado de la que después sería la fábrica de A. de Villar y Villar y finalmente la Partagás.

Los palacetes del habano

El trabajo original del que parte este artículo, estudió desde el punto de vista numérico el total de fábricas de tabaco y cigarros que existieron en La Habana entre 1817 y 1959. A partir de que el objetivo fundamental era el análisis de las fábricas y su relación con la tipología de palacio urbano se centró la muestra en las edificaciones principales. Se utilizó como

método de decantación la ubicación de los edificios, importancia dentro del sector, análisis de directorios y guías comerciales, análisis de artículos y documentos alrededor del tema, revisión de expedientes constructivos en el Archivo Nacional y visita a los inmuebles. Todo ello permitió enfocar el estudio en un número menor de inmuebles, de los cuales no a todos se les logró realizar el estudio profundo que requería dicho trabajo. Para este artículo se escogieron los inmuebles más representativos, los que aportan una mayor información y claridad del tema. Tanto por su existencia aun hoy día como por el volumen de información de ellos que se logró analizar.

Principales inmuebles analizados. Siglo XIX

Fábrica Partagás

La fábrica de tabacos Partagás tuvo varios asentamientos antes de que se instalara en el edificio ubicado en la calle Industria nº174 antiguo, actual 512. Aunque la fábrica se instaló allí a principios del siglo XX, la edificación data de la década del 70 del s. XIX. Aunque se desconoce su fecha exacta de construcción o arquitecto, si se conoce que a partir de ese momento se instaló en ella la fábrica de tabacos de A. Villar y Villar. El inmueble original era un edificio medianero de 3 niveles y cuarto al fondo de 14,6 m de altura. Ocupó un área de 864 m^2 con 24 m de frente y 36 m de profundidad. Pertenece al estilo neoclásico, pudiéndose apreciar en su fachada elementos distintivos como marcos encuadrados entre pilastras, guardapolvos sobre ménsulas, presencia de los órdenes clásicos, además de la carpintería a la francesa y el uso de la herrería en las barandas, guardacantones, rejas, farolas, etc. Hacia el interior encontramos una edificación de patio central rodeado por una galería de arcos de medio punto sobre columnas de piedra de capitel dórico. La escalera queda oculta hacia el lado izquierdo de la segunda crujía, existió otra escalera hacia el fondo de madera. La intervención en 1907 proyectó hacia la fachada el cuarto del fondo creando un amplio salón y le agregó un frontón a lo largo de toda la fachada con énfasis en su centro.

El inmueble original se levantó de cantería su fachada, muros de planta baja y la arcada del patio. El resto de los muros fueron de ladrillo así como los pilares interiores. Se utilizó partir de la segunda crujía, columnas de hierro en las galerías. Los techos fueron de viga y tablazón con crucetas de refuerzo entre las vigas. El pavimento del patio fue de losas de granito natural. La escalera principal fue de piedra, elíptica, enchapada en mármol y la secundaria de madera. En la intervención de 1907 se utilizaron columnas de hierro de 30cm de diámetro, cantería para la fachada y ladrillo para el resto de los muros. Hoy día el edificio se encuentra en estudio para su restauración.

Fábrica Henry Clay

La fábrica de tabacos Henry Clay, se ubicó en la Calzada de Luyanó nº100 ant. actual 204. Construida en 1875, así lo reflejaba un antiguo frontón que remataba el centro de la fábrica, era una edificación de un solo nivel con entresuelo y cuarto alto para secadero hacia el fondo. Ocupó un área de 1385 m^2 de 23 m de frente y 53 m de fondo. De una agradable sencillez, se edificó según los principios clásicos, visibles en la marcada simetría central así como en el uso de órdenes, balaustradas, frontón, herrería en sus vanos, etc.

Es un cuerpo macizo de esquina con amplios ventanales enmarcados por jambas lisas, un soportal recorre su frente antecedido por pilastras que rememoran los pies derechos de la arquitectura barroca cubana. Hacia el interior aparecen un patio principal porticado rodeado de galerías y un traspatio de cualidades similares. Sus dos accesos se enmarcaban en el interior con el uso de arcos en el zaguán que conducían a las galerías y ellas a los patios.

Se edificó de piedra su fachada y se utilizó ladrillo en muros interiores. Los techos fueron de viga y tablazón de madera. La carpintería fue del tipo francesa. Actualmente funciona como fábrica de cigarros de la empresa BRASCUBA.

Fábrica La Majagua

La fábrica La Majagua se ubicó en el Paseo de Prado nº125 ant. actual 615, frente a la Fuente de la India. Construida alrededor de 1879, escritos de la época aseguran haberse erigido para ese uso, por lo que tenía excelentes condiciones de trabajo. Poseía dos niveles y entresuelo hacia el interior salvando una altura de 11 m. De una sencillez compositiva, es un buen

exponente del neoclasicismo con su arcada de medio punto sobre columnas en el portal, en el piso alto el vano central se enfatiza con su terminación de medio punto a diferencia del resto. Todos los vanos están flanqueados por pilastras de capiteles jónicos y protegidos por guardapolvos. El pretil alterna entre el muro macizo y las balaustradas, luciendo un bello frontón circular al centro.

La edificación responde a la tipología de planta rectangular con patio central techado. Rodean al patio amplias galerías en todos los niveles del edificio. Los accesos se disponen en la primera y última crujía, hacia el lado izquierdo del inmueble. En la planta alta el salón que da frente al Paseo, poseía columnas de hierro en su centro brindándole más amplitud y confort al mismo.

La edificación se levantó de piedra la arcada del portal y su fachada, hacia el interior se utilizó ladrillo. Los entresuelos y azotea se realizaron de viga y tablazón de madera. La escalera principal es del tipo catalana de una rama con descanso intermedio, la otra fue de madera. Se utilizó la herrería en barandas, farolas, guardavecinos y en columnas interiores. Actualmente funciona el inmueble como la Asociación Cultural Yoruba de Cuba.

Fábrica La Legitimidad

La fábrica de cigarros La Legitimidad de D. Prudencio Rabell, se levantó en la década del 80 del siglo XIX. Siendo una de las primeras edificaciones de la zona se ubicó en el Paseo de Carlos III nº615 actual entre Marques González y Oquendo. Poseía tres niveles y sótano hasta que en 1904 se le agregó un nuevo nivel. Poseía una elegante sobriedad clásica y fue catalogado de *palacio* por la revista *La Ilustración española y americana* en 1895. Sin embargo en el año de 1904 al sufrir la ampliación su decoración pasó de una sencillez clásica a un rebuscado eclecticismo. El inmueble original de tres niveles tenía una altura de 14,20 m, la segunda planta era de bajo puntal a manera de entresuelo que se expresaba en fachada, elemento que sería típico en varias tabaquerías. Ocupó un área de 1334 m^2 con 60 m de fondo y 21 m de frente.

La planta era rectangular y bien alargada con un profundo patio central y otro trasero, pues la edificación tenía fondo a la calle Estrella. Alrededor de cada

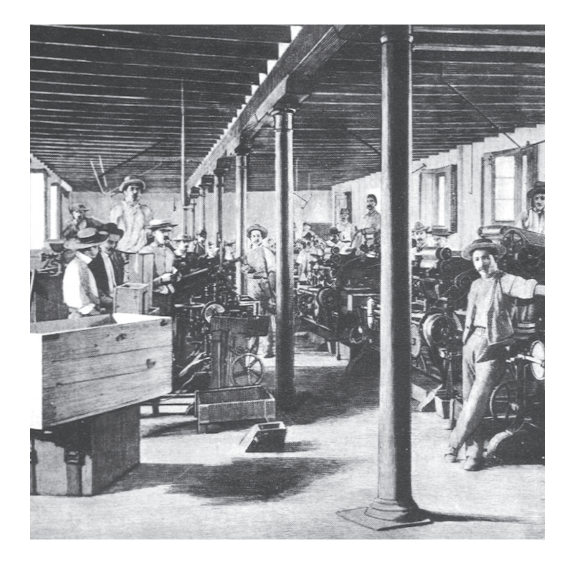


Figura 2
Vista interior del antiguo taller de máquinas de la fábrica de cigarros La Legitimidad, nótese el uso de las columnas de hierro fundido en su interior (Gordon, 1897)

patio se extendían las galerías soportadas por pilares de piedra en planta baja y de hierro en las plantas altas. Como singularidad en esta fábrica y debido tal vez a la diferencia en el nivel de terreno, esta factoría poseía un sótano desde el fondo hasta la tercera crujía. Este se destinó a almacén y en el patio se tendían las hojas de tabaco. El edificio tuvo dos escaleras, la principal en el extremo izquierdo de la primera crujía y la otra por el frente de la calle Estrella.

Se utilizó la piedra en la fachada y pilares del portal y ladrillo en muros interiores. Los entrepisos y azotea fueron de viga y tablazón de madera. La escalera principal fue del tipo catalana, con pasos de mármol. La herrería se utilizó en barandas, rejas y elementos decorativos, asimismo en las columnas interiores de los salones. En 1897, se conoce que la fábrica contaba con un elevador y sofisticadas máquinas de vapor. (Gordon, 1897). Hoy día están establecidas en el inmueble oficinas ministeriales.

Fábrica La Escepción

La fábrica de tabacos La Escepción – se respeta el nombre original – quedó edificada en 1882. Se ubicó

en la Calzada de Máximo Gómez (Monte) nº51 esq. a Agramonte (Zulueta). Ocupó el lote de esquina de la manzana 21 del Reparto Las Murallas, teniendo por fondo la calle Corrales, por lo que todas sus fachadas poseen portal porticado. De similar características estilísticas que la fábrica La Legitimidad era un sobrio edificio neoclásico de 3 niveles hasta que en el s. XX, se le agrega otro dedicado a secadero y escogida de tabaco. Tenía un área de 1440 m^2 con 23 m de frente y 62 de largo y una altura de 18 m.

Se corresponde con la tipología de patio central y galería alrededor. En este patio aparecía una escalera de caracol de hierro, elemento característico de estas fábricas, utilizada para el trasiego. La planta baja se dedicó a espacios de venta, exposición, oficinas y almacén. En el entrepiso se localizaban los espacios de despalillo, rezagado, la liga y la barbacoa. En el piso principal estaban la galera, la escogida y el anillado. Excepto en la planta baja en el resto de los niveles se utilizaba columnas de hierro fundido, creando amplios salones hacia la primera crujía de las dos calzadas.

Se levantaron de sillares de piedra los muros de fachada en planta baja y entresuelo y de ladrillos el piso principal La cubierta del portal por ambas calles de primer orden se construyó con *railes de línea* y bovedillas catalanas. En el interior se utilizaron azulejos en el zócalo de la escalera principal y los pisos fueron de mosaicos. La escalera principal fue del tipo catalana enchapada en mármol con barandas de hierro fundido y pasamos de mármol. En el piso principal los techos llevaban cielo raso. El frente hacia la Calzada de Monte en el piso principal tenia colocado en sus ventanales unos elementos verticales de madera a manera de quiebra sol, logrando homogenizar la luz interior en el local de la escogida. Actualmente se encuentra en proceso de restauración y cambio de uso.

Fábrica Calixto López

La fábrica El Edén de Calixto López inauguró el bello edificio donde estuvo instalada en 1888, tal y como luce en la verja principal. Se ubicó en la Ave. Agramonte (Zulueta) n°s 48 y 50 ant. 702 actual entre las calles de Gloria y Misión y ocupó la manzana 24 del reparto Las Murallas. Era un gran edificio que albergaba en su interior una fábrica de tabacos y cigarros, un gran almacén de tabaco y una vivienda (Toraya, 2001). Además tenía hacia el fondo una pequeña construcción dedicada a caballerizas. Se corresponde por sus características a una edificación neoclásica con rasgos similares a las fábricas La Legitimidad y La Escepción como si fuesen proyectadas o construidas por una misma mano.



Figura 3
Antigua fábrica Calixto López, nótese la majestuosidad del inmueble y su afiliación neoclásica. (Foto del autor)

El edificio era de planta cuadrada poseía dos patios rectangulares, el del almacén era techado en sus inicios con una estructura de madera que se sustituyó en el siglo XX por una de hierro. El acceso a la fábrica y almacén eran diferenciados y se identificaban a través de sus portadas, aunque interiormente no tenían divisiones físicas. El edificio contó con una escalera principal de piedra, una de madera instalada en el patio y un elevador en el patio del almacén.

Se empleó en su fabricación sillares de piedra para la arquería y planta baja así como ladrillos para el resto de los muros. Se utilizó hacia el interior columnas de hierro fundido en las galerías. El piso del patio y del zaguán fue de losas de San Miguel, el de la vivienda de mármol y el resto de mosaicos. Al igual que en la fábrica de La Escepción, la cubierta de los portales fue de raíles de línea y bovedillas catalanas. Todo el piso principal tenía cielos rasos. La escalera principal era de arquería de piedra enchapada en mármol de Carrara. Hoy día funciona como almacén de tabacos y cigarros de consumo nacional.

Fábrica La Madama (demolida)

Construida en la última década del siglo XIX, la fábrica bautizada por sus trabajadores como La Madama fue la fábrica principal de la marca H. Upmann. Luego perteneció a un consorcio londinense, alrededor de 1924 paso a manos de los propietarios de Partagás hasta 1935 en que se convirtió en almacén de tabacos. Se ubicó en la Calzada de Carlos III nº159 esq. a Belascoaín, ocupó toda la manzana con un área de 3193 m^2. Erigida en una esquina donde se interceptan dos calles de primer orden, lucía amplios portales por cada una de estas.

Tenía planta cuadrada con patio central techado rodeado de galerías. Interiormente estuvo dividida en dos espacios principales uno destinado a almacén el cual poseía un estrecho patio rectangular y el área más grande destinada a la fábrica. Aunque se expresaban dos niveles en fachada, interiormente existían tres. Las galerías estaban soportadas por pilares de sillares de piedra, en modificaciones posteriores se introdujeron columnas de perfiles de acero, esto ya en el siglo XX. La fábrica poseía elevados puntales (6,96 m en planta baja y 6m el piso principal) más allá de lo que permitían las Ordenanzas de Construcción (5,55 m y 5 m respectivamente) por lo que debió concedérsele un permiso especial por el uso al que estaba destinado. El alto puntal de la planta baja permitió acoger el entresuelo que aparecía a partir de la segunda crujía del edificio.

A lo largo de su vida útil y las transformaciones sufridas en la fábrica se utilizaron diferentes técnicas y materiales. Las columnas de los portales eran de cantería así como las fachadas, el resto de los muros eran de ladrillo colorado. El techo del portal era de raíles de hierro. En el interior se utilizaron columnas de hierro fundido y arquitrabes de madera. El espacio original dedicado a almacenamiento de tabaco en rama se forró completamente de madera. También se utilizaron columnas H de acero laminado en uno de los salones altos así como techos formados por viga T y losa de hormigón (sistema conocido por viga y losa). Las azoteas fueron de enrajonado y soladura con losas de Gerona. Las escaleras construidas en 1924 fueron de bóvedas de ladrillo catalán a tres gruesos con peldaños y pasamanos de mármol y barandas de hierro.



Figura 4
Antigua fábrica La Madama en el nº1 de la Calzada de Carlos III. Véase el amplio portal y el elegante neoclasicismo de su fachada (Foto cortesía de la Fototeca del Archivo Nacional de Cuba)

Principales inmuebles analizados. Siglo XX

Fábrica La Tabacalera Cubana «Partagás»

Conocida por los tabaqueros de la época como El Panteón, la fábrica de tabacos perteneciente a la American Tobacco Company se construyó en el año de 1904. Se ubicó en la Ave. Agramonte (Zulueta) nº102 entre Refugio y Colón en los antiguos terrenos del Teatro Villanueva, terrenos del Reparto Las Murallas. Sus arquitectos fueron la firma neoyorkina Milliken & Bros. Construida para albergar en ella un significativo número de fábricas y marcas se levantó de estructura de acero revestida de hormigón, siendo la primera edificación en Cuba de este tipo.

Ocupa toda una manzana con portales en tres de sus calles, de planta irregular posee un amplio patio rodeado de grandes salones soportados por columnas de acero. Alrededor del patio se desarrollan las tres escaleras de la edificación y los dos elevadores además de los servicios sanitarios.

Sus pisos fueron de cemento pulido y baldosas hidráulicas y se enchaparon de madera los dedicados a almacén.

Romeo y Julieta (demolida)

La fábrica «Romeo y Julieta» se situó en la calzada de Belascoaín antiguos números 2A y 2B actual 152. El edificio al que se hace referencia se reedificó en 1903, 1905 y se amplió en 1913, trabajando en ellos los maestros de obra Nicolás Almeida, Pedro Iduate y el arquitecto Luis Dediot respectivamente. Poseía tres niveles y una altura de 15 m. Ocupó un área de 2124 m^2 con 36 m de frente y 59 m de largo, 2/3 de la manzana.

Las dos edificaciones que funcionaron como una única fábrica tenían similar tipología, esta correspondía a una planta rectangular con un amplio patio central y galerías a cada uno de sus lados. En los patios se desarrollaban las escaleras que conectaban los tres niveles. La primera crujía en planta baja sirvió de oficinas y tiendas, mientras que en los pisos altos era el salón más amplio y ventilado de la fábrica, soportado por columnas de hierro.

En la fachada principal se utilizó cantería de piedra dura al igual que en los pilares del portal. El resto de los muros se levantaron de citarón con ladrillos blancos de 40 kg/cm^2 de resistencia. En la primera crujía del primer y segundo piso se colocaron columnas de hierro fundido de 30 cm de diámetro y arquitrabes de acero. Los techos se ejecutaron de losa por tabla sobre alfarje de 5 × 8 cm. La cubierta se impermeabilizó con el sistema de enrajonado y soladura con pendientes de 2,6%. Los pisos fueron de mosaico hidráulico catalán excepto en el portal que se ejecutó de hormigón hidráulico.

Cigarros Gener

La fábrica o Departamento de Cigarros Gener se ubicó en la calzada de Zulueta nº42 antiguo, actual 614. El edificio perteneció a los mismos propietarios de la fábrica La Escepción. En el lugar donde se edificó había existido un depósito de materiales y en 1906 se construyó la fábrica de cigarros y picadura. A cargo de la construcción estuvo el maestro de obras Alberto de Castro. De dos niveles, tenía una altura de 12 m y ocupó el solar nº 4 de la manzana 22 del Reparto de Las Murallas. Ocupó un área de 1560 m^2 con 27 m de frente y 58 m de largo.

El edificio de una marcada simetría poseía una planta rectangular con patio central cubierto por un lucernario de cristales.

Se utilizó para la fachada cantería así como para las columnas del portal. Las columnas interiores se levantaron de ladrillo alrededor del patio y de hierro las restantes de 20 cm de diámetro. Los muros se levantaron de ladrillo blanco con una resistencia de 42 kg/cm^2 de 35 cm de espesor en la medianería. Restaurada hace pocos años funciona en la actualidad como Escuela de Oficios.

Regalías El Cuño

La fábrica de cigarros y almacén de tabacos «Regalías El Cuño» fue la fábrica de esta rama más importante hasta 1959. Utilizó varios edificios en La Habana para su producción pero su auge arrancó con la construcción de los edificios que se ubicaron en las calles de Cárdenas y Gloria. Edificados en 1908 fueron dos inmuebles uno dedicado a almacén y el otro a la fabricación de cigarro. Su constructor fue el maestro de obras Benito Lagueruela y pertenecen a la corriente del eclecticismo, siendo la fábrica la de mayor relevancia luciendo un bello estilo neo-renacentista italiano. El almacén tenía una altura de 16 m y la fábrica de 11 m.

La planta del almacén era rectangular con un patio central techado por un elegante lucernario de estructura metálica y vidrios. Alrededor del mismo estaban las galerías dedicadas a almacén. En el tercer piso se edificaron dos viviendas similares, posiblemente pertenecientes a los propietarios. La planta de la fábrica era pequeña, cuadrada sin patio, de altos puntales y bien iluminada.

En la construcción de ambos edificios se utilizó ladrillo en las fachadas y muros portantes así como columnas de hierro fundido. Los techos y cubierta fueron de hormigón (1:2:5) y vigas de acero I de 15 cm de peralto. Los arquitrabes, fueron vigas doble T de 20 cm de peralto enlazadas con tornillos pasantes. En el almacén la escalera fue de bóveda de ladrillo y pasos de mármol. Hoy día el almacén está en desuso y la fábrica fue convertida en Policlínica.

El Rey del Mundo

La fábrica de tabacos «El Rey del Mundo» ubicada en la Calzada de Belascoaín nº 852 comenzó su construcción en marzo de 1913 y un año más tarde



Figura 5
Fachada de la antigua fábrica El Rey del Mundo de Cuesta Rey y Cía. Hoy día una de las principales fábricas del país, de estilo ecléctico puede preciarse su arraigo clásico en el uso del frontón y la simetría central. (Foto del autor)



Figura 6
Galera de la fábrica, su uso persiste a más de un siglo de explotación del inmueble, nótese la amplitud, el alto puntal y el ritmo de vanos. (Foto del autor)

quedaba inaugurada. Edificada como almacén y fábrica de tabacos intervinieron en ella el maestro de obras José Planes y Rivas y el contratista Antonio Padio. La edificación de estilo ecléctico con afiliación neoclásica, posee tres niveles en su frente y cinco al fondo salvando una altura de 18 m.

De planta rectangular y patio central techado, posee tres núcleos de circulación vertical, la escalera principal que arranca en el vestíbulo, una escalera de servicios ubicada en el patio y un elevador en el fondo. El sótano sirvió de almacén, en la planta baja se instalaron las oficinas, un salón para almacén y el salón de envases. El patio tenía tragaluces que permitía el paso de la luz natural hacia el interior del sótano. Desde el salón dedicado a almacén en planta baja se edificó una pequeña escalera hacia la barbacoa que ocupó el espacio sobre este. El segundo y tercer piso se edificaron como grandes salones alrededor del patio, mientras que en la azotea se ejecutaron varias habitaciones y dos baños, en la zona del fondo.

Los muros de la fachada se levantaron de ladrillo de la mejor calidad y resistencia de 1800 kg/m^3. La estructura de la edificación fue de acero laminado de perfiles H las columnas. Los arquitrabes se realizaron de vigas de hierro doble T de 12 pulgadas y una resistencia de 732 kg/m^2. Los techos se hicieron de hormigón armado compuesto de vigas de hierro doble T de 5 y 6 pulgadas y emparrillado de cabillas de 3/4 pulgadas. Los pisos se realizaron de mosaicos y las puertas y persianas de cedro. Las escaleras fueron de armadura de hierro, bóvedas de ladrillo y escalones de mármol y cemento, la principal y la de servicio respectivamente. Hoy día se mantiene funcionando como una de las más importantes fábricas de habanos del país.

El Crédito

A pocos pasos de la fábrica el Rey del Mundo, se levantó años después la fábrica El Crédito, tal vez de menos renombre y prestancia que la anterior pero si un vivo ejemplo de la buena arquitectura tabacalera. Ubicada en la Calzada de Belascoaín nº 864 fue proyectada por el arquitecto Francisco Salaya para fábrica de tabacos y cigarros. De un sencillo eclecticismo con raíces neoclásicas bien marcadas por la estricta simetría de su fachada y su frontón curvo como remate. Erigida en 1918 posee 2 niveles en su frente y

3 hacia el fondo, con una altura de 15,8 m. Ocupaba un terreno de 1387 m^2, con 27 m de frente y 46 m de largo.

De planta rectangular poseía un amplio patio central techado con dos galerías a cada lado. Al frente y fondo del patio se ubicaron las escaleras, la principal y la de servicios respectivamente, también poseía un elevador que conectaba todos los niveles de la edificación. El sótano funcionaba como un amplio almacén, luego la hoja pasaba al piso más alto donde se realizaban las tareas de despalillo, liga, rezagado y secadero; para luego bajarlas al primer piso o planta baja donde se elaboraba, vestía y envasaba el tabaco. En esta misma planta, en el ala derecha se ubicaron las máquinas para la fabricación de cigarrillos.

Para la construcción del edificio se utilizó cantería de Jaimanita en las fachadas y pilares del portal. Las paredes de carga fueron de ladrillo de 45 cm de espesor en planta baja y 40 cm en la alta. Las columnas fueron de hormigón armado con cabillas de 1 pulgada y 40 cm de lado. Los techos fueron igualmente de hormigón armado con proporción 1:2:4. Los pisos se ejecutaron de cemento pulido y mosaicos y las paredes se pintaron de cal. Las dos escaleras fueron de hormigón armado, revistiéndose la principal con placas de mármol. Hoy día está instalada en el inmueble una industria poligráfica.

H. Upmann

Ubicada en una manzana de gran prestigio tabacalero se inaugura en 1944 la nueva fábrica de tabacos H. Upmann. En la modesta calle de Amistad nºs 407 y 409, justo al lado del almacén de tabacos de Menéndez, García y Cía., los mismos propietarios de la fábrica erigen este edificio de acuerdo al proyecto de la firma de arquitectos e ingenieros Martín y Moreira. De estilo ecléctico y una elegante sobriedad libre de cargada decoración poseía 4 niveles y 20 m de altura. Ocupaba un terreno de 640 m^2 de ellos 80 m^2 eran patios, con 19 m de frente y 34 m de profundidad.

De planta rectangular y patio central, la fábrica estaba compuesta en todos sus niveles por amplios salones corridos. En la primera crujía de la planta baja se instalaron las oficinas, el salón de ventas y exposiciones.

La nueva fábrica en realidad fue un proyecto donde se unificaron dos edificios de viviendas similares, a los cuales se le realizaron todas las modificaciones necesarias para logar una excelente fábrica en cuanto a productividad, funcionamiento y confort de sus trabajadores. En la modificación se utilizaron ladrillos Toledo para los pilares así como en los muros. Vigas de acero para los arquitrabes, los techos y escalera se realizaron de hormigón armado así como los dinteles de los vanos. La azotea se impermeabilizó de enrajonado y soladura. Los pisos fueron de losas hidráulicas y los zócalos de azulejos blancos vidriados. Los vidrios usados fueron sencillos, mates o nevados según la necesidad. Los salones corridos fueron pintados de temple al aceite.

El edificio posee una única escalera en forma de C que arranca en el vestíbulo hasta la última planta de la edificación con descanso en cada nivel. Construida in situ de hormigón armado, los pasos son de losas hidráulicas y la baranda de hierro. Actualmente la fábrica junto al almacén fueron adaptados como escuela de enseñanza preuniversitaria.

Conclusiones

Las fábricas de tabaco analizadas fueron concebidas con la misma prestancia que los palacetes domésticos con los que convivieron. Se ubicaron en su gran mayoría en las nuevas arterias de la naciente ciudad, ganando así en riqueza compositiva exigida para edificaciones en dichas zonas. Las fábricas construidas en el siglo XIX responden al estilo neoclásico reflejándose en la composición de sus fachadas en las que se usaron de manera recurrente sobrias pilastras de órdenes clásicos. En su mayoría muestran un énfasis en el eje central con la utilización de frontones.

El resto de los elementos que caracterizan a los palacios decimonónicos también están presentes en las fábricas. Se generalizaron los guardapolvos, cornisas dentadas y pretiles corridos. La balconadura tuvo también una expresión significativa pues en la mayoría de los casos enfatizaba la simetría de las fachadas, en todas ellas se utilizó el hierro fundido como elemento decorativo con una gran variedad de diseños incluso en los guardacantones que protegían los accesos.

Las fábricas del siglo XX mantienen el esquema formal y funcional de las anteriores así como la tipología de planta con patio central. Si bien asumieron

códigos estilísticos de acuerdo a su época siempre mantuvieron elementos clásicos en la conformación de sus fachadas, decoración y organización.

En ambos siglos las fábricas asumieron y fueron pioneras en el uso de nuevos materiales y técnicas. En el siglo XIX introdujeron el hierro como elemento portante, el mármol en escaleras y galerías, mosaicos y/o losetas hidráulicas en los salones, las losas San Miguel en patios, los azulejos en los zócalos de los zaguanes y escaleras. Asimismo el hierro en la ornamentación y los cielos rasos con bellos frescos y pinturas. En el siglo XX, asumieron rápidamente el uso de las estructuras metálicas y del hormigón armado, manteniendo el desarrollo técnico-constructivo.

Sin dudas la industria tabacalera habanera encontró en los predios de los palacios la casa justa para el importante señor habano.

Lista de referencias

1866. *Ordenanzas de Construcción para la ciudad de La Habana y pueblos de su término municipal*. Imprenta del Gobierno y Capitanía General.

Cuevas Toraya, Juan de las. 2001. *500 años de Construcción en Cuba*. D. V. Chavín.

Gordon y Acosta, Antonio. 1897. *El Tabaco en Cuba*. La Propaganda Literaria.

Hazard, Samuel. 1873. *Cuba with Pen and Pencil.* London: Sampson Low, Marston, Low, & Searle.

Lobo Montalvo, María Luisa. 2000. *La Habana. Historia y arquitectura de una ciudad romántica.* Monacelli Press.

Martínez Rius, Adriano. 2005. *The Great Habano factories*. Barcelona: Select Publicaciones S. L.

Pezuela, Jacobo. 1863. *Diccionario Geográfico, Estadístico, Histórico de la Isla de Cuba. Tomo III.* Imprenta del establecimiento de Mellado.

Weiss, Joaquín E., 1960. *La Arquitectura Cubana del Siglo XIX*. La Habana: Editorial Letras Cubanas.

Arquitectura neoclásica en el arzobispado de Granada. A propósito de la iglesia de la Encarnación de Montefrío

Mariano Martín García
Anabel Córdoba Cruz

Por una Real Cédula de fecha 21 de octubre de 1773, se obligaba al arzobispado y obispados del Reino de Granada a someter a la aprobación del Consejo de Castilla los proyectos y justificación de las obras de arquitectura, escultura y retablos para las iglesias de su diócesis. Así mismo, por una Circular de 25 de noviembre de 1777, se comunicaba a todos los caballeros, obispos y prelados que estaban obligados a consultar, cualquier obra que realizaran en las mismas, con la Academia de Bellas Artes de San Fernando.

El entonces director de la Academia, Ventura Rodríguez, recibió del Consejo Castilla el encargo de elaborar un informe sobre las condiciones en que se encontraban los templos de la diócesis de Almería y Granada y el de inspeccionar los proyectos para las nuevas construcciones. La revisión de las iglesias de Almería, la delegó en Manuel Machuca y Vargas (Torres 1996, 335).

Los informes, diseños y dirección de obras recayeron sobre acreditados discípulos de la mencionada Academia y parientes, entre los que destacan Domingo Antonio Lois Monteagudo, Francisco Aguado, Francisco Quintillán, Manuel Martín Rodríguez, el almeriense Juan Antonio Munar y los granadinos Domingo Thomas y Juan de Castellanos, maestro de obras de la catedral de Granada.

En todos los proyectos ejecutados por el arzobispado de Granada en estas fechas se aprecian unos rasgos arquitectónico comunes ya que los arquitectos que diseñan los proyectos son todos de la Academia de San Fernando, o es el propio Ventura Rodríguez o bien es alguno de sus discípulos, pero supervisando aquél el proyecto y haciendo modificaciones en él en la mayoría de los casos. Se da el caso de que ningún proyecto del arquitecto granadino, Juan de Castellanos, de formación todavía poco academicista, es aceptado por Rodríguez.

En ningún momento, Ventura Rodríguez visita Granada, por lo que los datos de las iglesias a construir se los mandan sus discípulos y él diseña los proyectos o supervisa y corrige los de sus discípulos, devolviéndolos a su lugar de origen.

Las obras realizadas en este tiempo en el arzobispado de Granada, son las siguientes:[1]

- Iglesia de Santa Fe (1774-1785): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Domingo Lois Moteagudo.
- Iglesia de Vélez de Benaudalla (1778-1784): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Domingo Lois Moteagudo.
- Capilla Mayor y torre de la iglesia de la Encarnación de Loja (1775-1882): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Domingo Lois Moteagudo.
- Convento de las Comendadoras de Santiago en Granada (1777-1782): Proyecto de Francisco Sabatini y dirección de Francisco Aguado.
- Iglesia de Algarinejo (1779-1794): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Francisco Aguado.
- Iglesia de Alcútar de Bérchules (1783-1789): Proyecto de Ventura Rodríguez

- Capilla Mayor de la Iglesia de Berja (Almería) (1771-1788): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Juan Antonio Munar. La iglesia se destruyó en el terremoto de 1804.
- Iglesia de Cájar (1783-1785): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Francisco Aguado.
- Iglesia de Molvízar (1785-1790): Proyecto de Domingo Lois Monteagudo, Juan de Castellanos y adiciones de Ventura Rodríguez, dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Picena (1783-1788): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Talará (Lecrín) (1783-1788): Proyecto de Ventura Rodríguez y dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Montefrío (1786-1802): Proyecto de Domingo Lois Monteagudo y dirección de Francisco Aguado.
- Iglesia de Alhabia de la Taha (Almería) (1803-Mediados del XIX): Proyecto de Ventura Rodríguez.
- Iglesia de Arenas del Rey (17921797): Proyecto de Manuel Martín Rodríguez y dirección de Francisco Aguado. La iglesia quedó destruida con el terremoto de 1884.
- Iglesia de Nívar (1779-1781): Proyecto: Domingo Lois Monteagudo y dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Alomartes (1781-1784): Proyecto: Domingo Lois Monteagudo y dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Montillana (1792-17--): Proyecto de Domingo Thomas y dirección de Antonio Jordán.
- Iglesia de Salar (1794-95): Proyecto de Francisco Aguado y dirección de Domingo Thomas.
- Iglesia de la Garnatilla (Motril) (1797-1802): Proyecto de Domingo Thomas-
- Iglesia de Murtas (1796-1806): Proyecto de Domingo Thomas y dirección de Francisco Aguado.
- Iglesia de Alboloduy (Almeria) (1796-1802): Proyecto de Domingo Thomas y dirección de Andrés López.
- Iglesia de Ohanes (Almería): (1796-1800): Proyecto de Manuel Martín Rodríguez y dirección de Juan de Castellanos.
- Iglesia de Chauchina (1806-1812?): Proyecto de Francisco Aguado y dirección de Juan Puchol y Francisco Romero. La iglesia se rehabilita en 1982, según proyecto de Francisco Álvarez Puerto.
- Ampliación de la iglesia de Játar (1796-1801): Proyecto de Domingo Thomas.
- Ampliación de la iglesia de Güéjar Sierra (1781-1782): Proyecto de Domingo Lois Monteagudo y dirección de Miguel de Castellanos.
- Ermita de Tices (Ohanes, Almería) (1800-1802): Proyecto y dirección de Juan Puchol.

Además, en Granada capital se producen intervenciones en las iglesias de la Magdalena, Santa Escolástica y Santiago.

Se hace difícil establecer entre todas ellas una clasificación tipológica, aunque sean obra de una única concepción ideológica, ya que son muchos los factores que intervienen en el proyecto de las mismas, como es el tamaño de la población, la topografía del terreno en el que se asienta, el solar que deja la antigua iglesia, los factores económicos, etc. Pero, a pesar de ello, podemos apreciar unos rasgos arquitectónicos comunes, aunque entre ellas encontramos iglesias de planta basilical, de una sola nave con crucero y sin él o de cruz griega. En todos los casos, el conjunto se dispone según un eje de simetría longitudinal, donde a ambos lados del altar mayor se colocan la sacristía y demás dependencias parroquiales. Para cubrir los interiores de las naves centrales, las capillas mayores y los brazos del transepto se emplean bóvedas de cañón, unas veces corridas y otras con arcos fajones o con lunetos; bóvedas vaídas en las naves laterales de las plantas basilicales y en los cruceros, utilizándose también en estos, cúpulas sobre pechinas. En las fachadas encontramos frontones, bien en una, en tres o en las cuatro. Las portadas están formadas por un arco adintelado adovelado, sobre el que hay una cornisa y, sobre ella, la cartela fundacional del real patronazgo y el escudo de Carlos III. Al parecer por cuestiones económicas, la mayor parte de ellas cuentan con una sola torre centrada, bien en la fachada principal o tras la cabecera del templo, siendo en algunas dos pequeñas torrecitas a ambos lados de la fachada principal. Abundan en muchos de ellos los huecos de ventanas semicirculares y los óculos.

La iglesia de la Encarnación de Montefrío (Granada)

Pero hay un caso excepcional en el trazado de estas iglesias que rompe todos los cánones establecidos por la Real Academia de San Fernando para las iglesias que se construyeron en esas fechas en el arzobispado de Granada y es la parroquial de la localidad granadina de Montefrío, cuyo proyecto fue redactado por el arquitecto Domingo Antonio Lois de Monteagudo en 1785.

Este pueblo del Poniente granadino ya disponía de un magnífico templo trazado por Diego de Siloé en 1549, situado en lo alto de una escarpada formación rocosa que rodeaba el recinto amurallado que constituía la fortaleza musulmana, donde estaba establecida la antigua población. Poco tiempo después, al ir creciendo la población y no disponer de espacio dentro del antiguo recinto murado, se comienza a poblar el llano existente a los pies de la peña del castillo, por lo que había que subir una empinada cuesta para llegar al mencionado templo, conocido como la Iglesia de la Villa. Así pues, tenemos noticia de que ya en 1645 (Gómez Moreno Calera 1989), los vecinos hacen una petición al arzobispo de Granada para que se construya un nuevo templo en el llano, dada la dificultad que tiene acceder al antiguo. Al parecer, desde principios del siglo XVII ya se había previsto un solar para una nueva iglesia e, incluso se le había encargado las trazas del mismo al arquitecto de la Catedral granadina Ambrosio de Vico, si bien se desconoce la causa porque no se llevó a cabo el proyecto.

Pero no es hasta la firma de la Real Cédula de 1773, relativa al Patronato Regio ya comentada al comienzo de esta comunicación, el que se decida construir la iglesia de la Encarnación de Montefrío que comenzó en el reinado de Carlos III y terminó en el Carlos IV. La Real Academia le encarga el proyecto al arquitecto Domingo Lois de Monteagudo, discípulo de Ventura Rodríguez y que dirigía todas las obras trazadas por él en el arzobispado de Granada. Una comisión formada en la Academia reconoce la calidad del proyecto y, debió gustarles tanto, que proponen que se ejecute tal y como ha sido presentado (Guillén 2001, 89). Pero Domingo Lois no verá realizado su proyecto ya que fallece antes de que den comienzo las obras.[2] El edificio se comienza a levantar en 1786 y se termina en 1802, siendo el director de las obras el también arquitecto de la Academia de San Fernando Francisco Aguado.

Puede considerarse este edificio como uno de los máximos exponentes de la arquitectura de la Ilustración, destacando por su sobriedad, pureza y proporciones, no necesitando ningún tipo de ornamentación para conseguirlo. Le basta con utilizar y maximizar su espacio. Estas características están presentes en cada una de sus partes, en su estructura, en su fachada, en su misma fábrica de sillería.

El proyecto de Lois que tanto gustó a la comisión está basado en el Panteón de Roma, ciudad en la que el arquitecto estuvo pensionado por la Academia, junto con Juan de Villanueva, entre 1758 y 1765 y donde, sin lugar a dudas conoció y estudió el edificio que construyó Adriano. El proyecto de la iglesia de Montefrío se trata, al igual que éste, de una gran cúpula apoyada en un muro cilíndrico y cuya altura total es similar al diámetro interior pero, en el caso que nos ocupa, construida toda en sillería (figura 1).

Pero creemos que Domingo Lois no solo piensa en el Panteón de Agripa a la hora de hacer su proyecto de Montefrío. En 1761, estando él todavía pensionado en Roma, se coloca la primera piedra de un templo muy importante de Madrid, San Francisco el Grande, edificio que en un principio iba a ser proyectado por Ventura Rodríguez y que finalmente diseña el franciscano Francisco Cabezas. Éste, levantó la base del edificio y tuvo que parar la obra en 1768, cuando un informe de la Academia de Bellas Artes, dictaminó que los muros construidos hasta ese momento y que ya tenían unos 16 metros de altura, no iban a poder aguantar la gran cúpula de 33 metros de

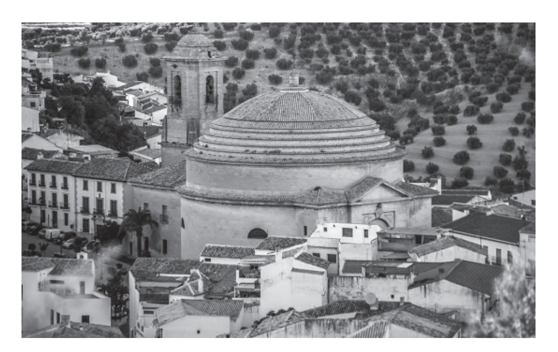


Figura 1
Vista exterior de la Iglesia de la Encarnación de Montefrío (Foto de los autores, 2013)

diámetro que había proyectada. Este informe se realiza después de la llegada de Domingo Lois a Madrid en 1765, por lo que él, académico de mérito de la Academia debió conocerlo, así como la obra ejecutada. Retoma la obra de San Francisco el arquitecto Antonio Pló y Comín, quién cierra la gran cúpula en 1770, si bien el edificio no se termina por falta de dinero, concluyéndose entre 1776 y 1784, bajo la dirección de Francisco Sabatini y Miguel Fernández, siendo inaugurada por Carlos III en 1784. Para entonces, Domingo Lois ya estaba en Granada dado que, en 1773, llega a Santa Fe para dirigir las obras de la nueva iglesia colegial que había trazado Ventura Rodríguez, estableciendo su residencia en esta localidad hasta su muerte, acaecida en diciembre de 1785.[3]

Es muy posible que este arquitecto, conocedor sin duda de las cuatro cúpulas más grandes del mundo en aquellas fechas, Santa María del Fiore de Florencia, el Panteón y San Pedro en Roma y San Francisco el Grande de Madrid, si bien solo las dos últimas están construidas en piedra, pensase en emular esas magníficas obras realizando un proyecto novedoso dentro de la tendencia que la Academia venía realizando en las nuevas iglesias del arzobispado de Granada, trazando una cúpula de 28 metros de diámetro que la convertía, en ese momento, en la séptima cúpula más grande del mundo y la cuarta de las ejecutadas con sillería (figura 2). Y de aquí la importancia de esta cúpula, casi desconocida, que cubre una iglesia parroquial de un pueblo de la provincia de Granada.

Es bien conocido que la traza del Panteón de Roma está compuesta por un muro circular de 6,10 metros de espesor, en el que interiormente se abren siete exedras y la puerta de acceso, distribuidas simétricamente según los ejes principales y diagonales. Dicho muro, hasta el arranque de la gran cúpula, tiene una altura igual al radio de aquella, por lo que se dice que en el interior del edificio podría inscribirse una esfera de 43,43 metros de diámetro, cuya parte inferior sería tangente al pavimento.

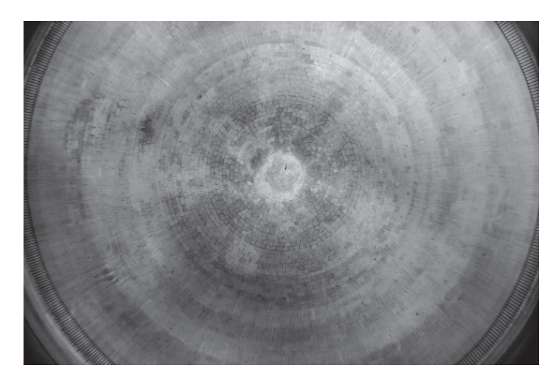


Figura 2
Intradós de la cúpula de la iglesia de Montefrío (Foto de los autores, 2013)

Hace dos años tuve la oportunidad de tutorizar un Proyecto Fin de Carrera de la ETSIE de Granada, a la entonces alumna Anabel Córdoba Cruz, coautora de esta comunicación, que trataba sobre la iglesia de la Encarnación de Montefrío (Córdoba 2013). En este trabajo no solo se hizo un estudio histórico del edificio y de los materiales y técnicas constructivas empleadas en el mismo, además de un análisis de la planimetría levantada y publicada por Cervera Vera (Cervera 1985), en la que claramente se apreciaba que había seguido las proporciones del Panteón romano, sino que se hizo un nuevo levantamiento planimétrico, éste ya realizado con una estación topográfica, lo que daba mayor exactitud al conocimiento sobre la ejecución del templo.

La iglesia de Montefrío está formada por un muro circular de sillería de 4,00 metros de espesor, posiblemente ya que no hemos podido comprobarlo, formado por dos hojas de piedra que sirven de encofrado al relleno interior del núcleo con mortero concrecionado. La piedra parece ser que fue obtenida de una cantera cercana, hoy absorbida por el crecimiento de la población. De este muro circular sobresalen dos cuerpos cuadrangulares, el de fachada al SE y la capilla mayor al NO, tras la cual se sitúa la torre, con un primer cuerpo de planta cuadrada y un segundo ochavado y a ambos lados las dependencias parroquiales. Interiormente se disponen simétricamente doce huecos, ocho dedicados a capillas, dos al acceso a unas tribunas situadas en entreplanta, la capilla mayor y la puerta de acceso. De las ocho capillas, cuatro son de mayor tamaño. Las dos hojas de sillería que componen el muro perimetral, se unen entre sí con otros muros radiales del mismo material y que forman los cierres laterales de los mencionados huecos, sirviendo, al mismo tiempo, de contrafuertes para contrarrestar los empujes de la cúpula que cubre el edificio y que monta sobre el mencionado muro circular (figuras 3 y 4). En el arranque de la cúpula, una gran cornisa de 1,05 metros de vuelo, rodea todo el espacio a modo de balconada (figura 5).

Monografía de investigación, Trabajo fin de Carrera.
IGLESIA DE LA ENCARNACIÓN, Montefrío(Granada)

Planta acotada con medidas tomadas manualmente
ESCALA 1:250

Universidad de Granada, E.T.S.I.E.
Alumna: Anabel Córdoba Cruz
Tutor: Mariano Martín García

Figura 3
Plano de planta acotada de la iglesia de Montefrío (Córdoba 2013)

Como ya se ha indicado, la fachada principal sobresale del cuerpo circular, apareciendo en el centro el hueco de acceso encuadrado por dos pilastras y un dintel sobre el que se sitúa la cartela fundacional y, sobre ella, una ventana semicircular. Todo el conjunto descrito se encuentra rehundido respecto al arco de medio punto que cubre este espacio, el cual también se presenta rehundido respecto al muro de fachada, enmarcándose a modo de alfiz completo, apareciendo en las enjutas cartelas salientes y, entre ellas, en la clave del arco, el escudo real de los borbones. Coronando el conjunto, aparece el típico frontón de las iglesias de finales del siglo XVIII. A la altura de la base del frontón aparece una cornisa que, mediante líneas rectas y curvas, rodea todo el perímetro del edificio. Dicha cornisa se corresponde con la que interiormente sirve de arranque a la cúpula. Exteriormente, por encima de aquella, se prolonga el muro cilíndrico hasta llegar a una segunda cornisa, donde comienza el escalonamiento de la cubierta. La sencilla forma cilíndrica solo se ve alterada por la presencia de cinco vanos semicirculares por donde



Figura 4
Interior de la iglesia, con la capilla mayor al fondo y las dos tribunas a los lados (Foto de los autores, 2013)



Figura 5
Cornisa y galería balconada que rodea al templo (Foto de los autores, 2013)

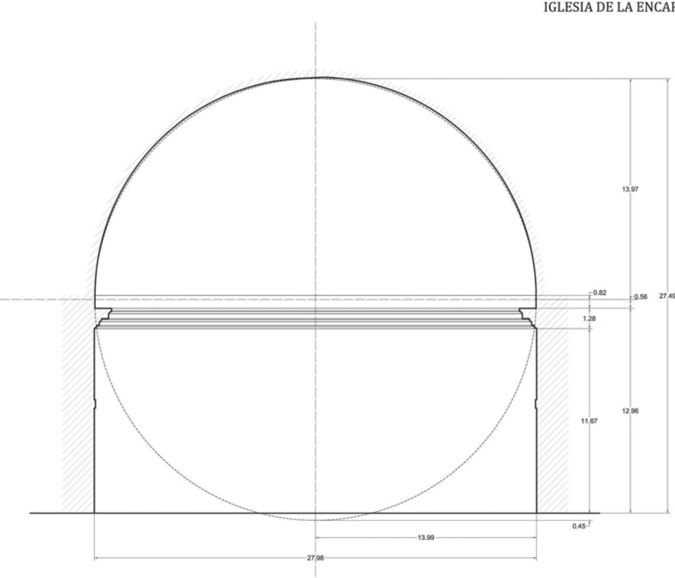
penetra la única iluminación de la iglesia y que, interiormente, aparecen sobre las cuatro capillas de mayor tamaño (Córdoba 2013).

Pues bien, en el levantamiento topográfico realizado en el interior del templo se pudo comprobar que la cúpula no arranca inmediatamente sobre la mencionada cornisa, sino que, por encima de ella, el muro perimetral sigue subiendo, a modo de zócalo, 56 cm más, siendo en este punto donde comienza la curvatura de la bóveda semiesférica (figura 6).

También se vio como, en el caso de la iglesia de Montefrío, la virtual esfera inscrita en el interior del templo, se adentraría 45 cm en el pavimento, o lo que es lo mismo, la altura del muro perimetral hasta el nuevo arranque de la cúpula, es 45 cm menor que el radio de la misma, hecho que según comprobamos no contemplaba los planos de sección levantados por Cervera Vera.

En el levantamiento topográfico también hemos denotado como la cúpula se encuentra achatada en la zona de la clave, presentando en este punto unos sillares de menores tamaños y peor trabajados que los

Monografía de investigación, Trabajo fin de Carrera.
IGLESIA DE LA ENCARNACIÓN, Montefrío(Granada)



Sección acotada con medidas tomadas a partir de la estación topográfica
ESCALA 1:250



Universidad de Granada, E.T.S.I.E.
Alumna: Anabel Córdoba Cruz
Tutor: Mariano Martín García

Figura 6
Plano de sección transversal de la iglesia de Montefrío (Córdoba 2013)



Figura 7
Zona central de la cúpula (Foto de los atores, 2013)

del resto de la misma (figura 7). De igual modo, pudimos observar como la línea de contorno del intradós de la media naranja no presentaba una curva continua, sino que iba formando pequeños entrantes y salientes, a modo de bultos en la piedra, inapreciables a simple vista. En un detenido análisis visual del intradós, observamos varias filas de agujeros abiertos en la piedra y sellados posteriormente con mortero de cal, sin lugar a dudas clarísimos mechinales, si bien solo eran perceptibles por la zona orientada al oeste de la bóveda (figura 8). Todos estos detalles nos hicieron llegar a la siguiente conclusión que exponemos a continuación.

Lógicamente, la cúpula que estudiamos tuvo que ser construida auxiliándose de una cimbra de madera de 28 metros de diámetro exterior, sobre la que se irían colocando los sillares adovelados, ejecutados posiblemente en la propia cantera según un preciso plano de montea, tomados con mortero de cal. Estos se irían izando con poleas colocadas sobre el muro perimetral y en distintos puntos de la circunferencia, con el fin de acortar distancias al lugar de su puesta en obra. Se colocarían por hiladas hasta llegar a la zona central donde, al ser la circunferencia de las juntas más pequeñas, se debieron aprovechar sillares que habrían llegado a obra defectuosos o rotos, bien durante el transporte, bien en la manipulación para su izado y colocación. Estos, por tanto, fueron tallados a pie de obra o sobre la parte de la cúpula ya ejecutada, donde era más cómodo tomar las medidas de su curvatura. Igual sucedería con la pieza que cierra la bóveda, la clave, formada por un sillar troncocónico y que también parece sacado de otro de mayor tamaño.



Figura 8
Detalle de los mechinales que se aprecian en el intradós de la cúpula (Foto de los autores, 2013)

Una vez la bóveda terminada, el siguiente paso era el de desmontar la cimbra que había servido de encofrado. Y fue entonces cuando la cúpula entró en carga y debió recalcar al asentar y encajar unas dovelas contra otras, produciéndose el achatamiento de su zona central y dejando resaltes y pequeños escalonamientos entre unos sillares y otros. Y dado que estos resaltes no existen hoy, hay que pensar que los mencionados agujeros abiertos en la piedra deben corresponder a los andamios que hubo que montar para desbastar estos pequeños escalones. En el plano de la sección transversal del edificio se aprecia como la curva de la cúpula en su parte derecha es más perfecta que la de la parte izquierda y posiblemente esa sea la explicación de porqué los mechinales aparezcan solo en la zona oeste. El asiento de las dovelas se produjo mayormente en la mitad occidental de la cúpula.

Pero no solamente es interesante esta iglesia por la cúpula que la cubre, la segunda en tamaño del país, sino que también encontramos otros elementos singulares todos labrados en sillería. Por ejemplo, encontramos tres tipos de bóvedas más, generalmente por pares al presentar la iglesia simetría. Así, encontramos dos bóvedas esquifadas en las dependencias parroquiales existentes a ambos lados de la capilla mayor (figura 9). Otras dos pequeñas cúpulas cubriendo el antiguo baptisterio, hoy despacho parroquial y la caja de la escalera por la que se accede al coro (figura 10). Otra, una bóveda de cañón cubrien-



Figura 9
Bóveda esquifada de la sacristía (Foto de los autores, 2013)

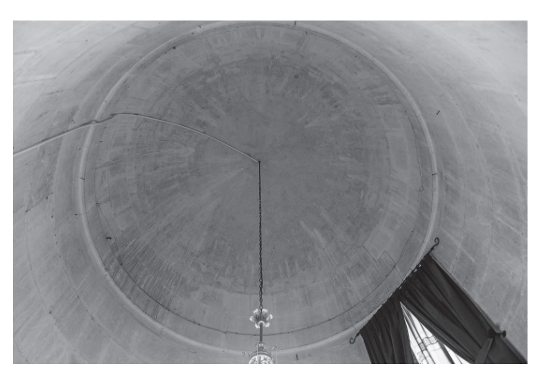


Figura 10
Cúpula del antiguo baptisterio (Foto de los autores, 2013)



Figura 11
Bóveda adintelada rampante que cubre el primer tramo de la escalera de la torre (Foto de los autores, 2013)

do la capilla mayor. Y por último, una cúpula sobre falsas pechinas cubriendo el cuerpo octogonal de la torre.

Así mismo, podemos encontrar varios tipos de escaleras, una de tramos rectos en el primer cuerpo de la torre (figuras 11 y 12), y dos tipos distintos de escaleras de caracol. Dos de ellas, del conocido como «caracol de Mallorca», ubicadas, una en el segundo cuerpo de la torre, el ochavado, que conduce a la zona de campanas, mientras que la segunda, es por la que se accede al coro (figura 13). Un segundo tipo de escalera de caracol, ésta con espigón central, son por las que se llega a las dos tribunas situadas en la entreplanta, a ambos lados de la embocadura de la capilla mayor (figura 14).

Exteriormente, la cúpula de Montefrío, de la que no hemos podido averiguar su espesor, se oculta bajo una cubierta escalonada de teja curva que no es la original. El escalonamiento se resuelve con muretes circulares concéntricos de pequeña altura que van salvando la curvatura de la bóveda en su parte más pendiente, hasta llegar prácticamente a la mitad, donde ya se resuelve con varios paños separados por limatesas (figura 15).

Hemos pretendido con estas líneas dar a conocer someramente la importancia que tuvo la arquitectura neoclásica y, sobre todo, la huella que la Real Academia de San Fernando y en especial Ventura Rodríguez y sus discípulos, dejaron en los edificios religiosos del arzobispado de Granada, al que pertenecían parte de las actuales provincias de Granada y Almería, sino también la influencia de esta arquitectura de finales del siglo XVIII en las iglesias que se levantaron en todo el siglo XIX y parte del XX en ambas provincias.



Figura 12
Detalle del despiece de sillería del paso del primer cuerpo cuadrado de la torre al segundo ochavado, mediante pequeñas trompas en los ángulos (Foto de los autores, 2013)



Figura 13
Escalera de «caracol de Mallorca» de acceso al coro (Foto de los autores, 2013)



Figura 14
Escalera de caracol con espigón central en el acceso a las tribunas laterales (Foto de los autores, 2013)



Figura 15
Cubierta escalonada exterior (Foto de los autores, 2013)

Y en particular, con la descripción de la iglesia de la Encarnación de la localidad granadina de Montefrío, hemos querido llamar la atención sobre un edificio de primer orden a nivel nacional, dentro de la arquitectura neoclásica de finales del XVIII, totalmente olvidado en los tratados de arquitectura y de historia del arte, siendo la segunda cúpula más grande construida en nuestro país. Esperamos haberlo conseguido.

Relación de las cúpulas más grandes del mundo construidas con fábrica

Abadía de San Blas, en San Blas (Alemania) (46,00 m) - (siglo XIX) - Piedra

Santa María del Fiore, en Florencia (42,05 m-45,60 m) - (1420) - Octogonal de Ladrillo

Panteón de Agripa en Roma (43,43 m) – (118-128) - Hormigón romano

Basílica de San Pedro de Roma (41,47 m) - (1547) - Piedra

Iglesia de Nuestra Asunción de Mosta (Malta) (37,20 m) - (siglo XIX) - Piedra

Basílica de San Francisco el Grande de Madrid (33,00 m) - (1770) - Piedra

Santa Sofía de Estambul (31,87 m) - (532) - Ladrillo

San Pablo de Londres (30,80 m) - (1676) - Piedra

Iglesia de la Encarnación de Montefrío (Granada) (28,00 m) - (1786) - Piedra

Iglesia de San Juan Bautista en Xewkija, isla de Gozo (Malta) (28,00 m) - (1951) - Piedra

El Capitolio de Washington (27,40 m) - (1792) - Piedra y refuerzo de acero

Panteón de París (27,00 m) - (1774-1790) - Piedra

Mezquita de Suleymaniye en Estambul (26,50 m) - (1550) - Piedra

Iglesia de las Escuelas Pías de Valencia (24,50 m) - (1770) - Ladrillo

Los Inválidos de París (24,00 m) - (1670) - Piedra

Cúpula de la Roca de Jerusalén (21,37 m) - (690) - Madera

Notas

1. Para saber los arquitectos que realizaron los proyectos y dirigieron las obras de estas iglesias, así como las vicisitudes para la ejecución de cada una de ellas, consultar a Guillén Marcos, Esperanza. 1990. *De la Ilustración al Historicismo: arquitectura religiosa en el arzobispado de Granada (1713-1868)*. Granada: Diputación Provincial.
2. Para la biografía de este arquitecto, aparte de la obra citada de Guillén Marcos, consultar Cervera Vera, Luis. 1985. *El arquitecto gallego Domingo Antonio Lois Monteagudo (1723-1786) y su libro de «Libro de barios adornos»*. La Coruña: Fundación Pedro Barrié de la Maza.
3. La mayor parte de los autores que han estudiado la vida y obra de este arquitecto, fechan su muerte en 1786. Solo Guillén Marcos encuentra y publica su partida de defunción en la que, entre otras varias cosas, se indica que era vecino de Santa Fe, que está enterrado en la iglesia de los Santos Justo y Pastor de Granada y que falleció el 13 de diciembre de 1785 (Guillén 1990, 106). En este mismo año, en el mes de agosto, había fallecido su maestro Ventura Rodríguez.

Lista de referencias

Cervera Vera, Luis. 1985. *El arquitecto gallego Domingo Antonio Lois Monteagudo (1723-1786) y su libro de «Libro de barios adornos»*. La Coruña: Fundación Pedro Barrié de la Maza.

Córdoba Cruz, Anabel. 2013. *La iglesia de la Encarnación, Montefrío (Granada)*. Trabajo Monográfico Fin de Carrera de la ETSIE de Granada. Inédito

Gómez-Moreno Calera, José Manuel. 1989. *Las iglesias de las Siete Villas*. Granada: Fundación Rodríguez-Acosta.

Guillén Marcos, Esperanza. 1989. «La fortuna de un arquitecto pensionado en Roma: Domingo Lois Monteagudo». En *ACADEMIA, Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 69: 181-205. Madrid.

Guillén Marcos, Esperanza. 1990. *De la Ilustración al Historicismo. Arquitectura religiosa en el arzobispado de Granada (1713-1868)*. Granada: Diputación Provincial.

Guillén Marcos, Esperanza. 2001. «Montefrío». *Guías de Historia y Arte*, 5. Granada: Diputación Provincial.

Torres Pérez, José María. 1996. «Un proyecto de Domingo Antonio Lois de Monteagudo revisado por Ventura Rodríguez: La iglesia de Alomartes (Granada)». En *ACADEMIA, Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 82: 334-357. Madrid.

El arquitecto Francisco Blanch y Pons y el proyecto del observatorio meteorológico en el torreón sudeste del Palacio de los Guzmanes, León

Jorge Martínez Montero

El palacio de los Guzmanes es considerado un auténtico referente en la arquitectura nobiliaria del renacimiento español y fue mandado construir hacia 1558 por el regidor leonés D. Ramiro Núñez de Guzmán, bajo las trazas del maestro Rodrigo Gil de Hontañón y la dirección desde 1564 de su aparejador, Juan del Ribero Rada.[1]

El edificio, del que se llegaron a levantar dos de sus cuatro alas entorno a un gran patio central de corte clasicista, es propiedad de la Diputación Provincial de León desde el año 1881, momento en que fue adquirido a los condes de Peñaranda de Bracamonte, y en que dio comienzo un proceso de urgentes reformas por parte de arquitectos locales como Arsenio Alonso Ibáñez. Una tarea que pronto se completó con labores de carácter «conservador», centradas en la adaptación y reforma de dependencias interiores, como el acondicionamiento del salón de sesiones por el maestro restaurador de la catedral, Juan Bautista Lázaro, entre los años 1884 y 1885, junto a otras de reparación, terminación exterior del edificio y acondicionamiento de los espacios, dirigidas por el propio Lázaro y acometidas entre 1887 y 1889; dando paso a las propuestas «restauradoras» de Francisco Blanch y Pons a inicios del año 1890 (Diez García-Olalla 2013, 217-232).

Pons fue uno de los arquitectos más activos en el panorama de finales del siglo XIX en León, y en 1895, dentro de sus tareas de rehabilitación del propio palacio como sede de la institución provincial, proyectó elevar sobre la torre sudeste del palacio [levantada hacia 1566-1571] un observatorio meteorológico. Una obra que, tal y como veremos, no llegó a materializarse, al ser postergada a una futura colocación en las otras dos torres de la fachada principal del palacio, pero que conocemos gracias al proyecto, planos y diseños del mismo, custodiados en el Archivo de la Diputación Provincial de León.

La trayectoria de Francisco Blanch y Pons en León y su labor al frente del palacio provincial

Manresano de nacimiento, Francisco Blanch y Pons (1846-1914) se formó como arquitecto en la Escuela de Arquitectura de Madrid donde finaliza sus estudios en el año 1871, momento a partir del cual se traslada a Reus donde conoce a Ángela Cornet, con quien contrajo matrimonio y donde se afinca, hasta que emigra a la ciudad de León para ser nombrado arquitecto provincial, al servicio de la diputación, en el año 1887 (Serrano Laso 1993, 44).[2]

Su labor para la institución provincial, al frente de las tareas de reparación y restauración de su sede en el palacio de los Guzmanes, comprenden las fechas extremas del 5 de marzo de 1888 cuando comienza a realizar los primeros dibujos y bocetos del proyecto, hasta el 13 de octubre de 1891, momento en que firma los pliegos de condiciones, presupuestos y planos correspondientes a la reforma de la escalera principal, la reconstrucción de la fachada y torres del palacio, junto a la colocación de sus respectivos

pararrayos en cada una de ellas (Moreno Medrano 1978, 52-56). Un proyecto basado en una clara unidad de «estilo hontañiano» en el que pretendía «procurar en lo posible restituir al edificio su carácter y primitivo estilo, reconstruyendo sus partes en la misma forma que en la época de su erección» y que por motivos presupuestarios no llegó a materializarse plenamente (figura 1).[3]

En el verano de 1888 informó favorablemente acerca de la instalación de la imprenta en la planta baja del ala oeste del palacio, así como la reparación de la fachada, alero, vigas y piso del salón que ocupaba la biblioteca provincial, ubicada provisionalmente en la calle de las Catalinas hasta su traslado definitivo a la sede provincial;[4] mientras que a finales de 1892 continuó realizando tareas de mantenimiento, tales como la instalación de estufas y la colocación de tuberías de cinc para recibir las aguas de las bajadas de los tejados y así evitar goteras; todo ello por valor de 549 pesetas y 37 céntimos.[5] Trabajos que volvió a acometer en marzo de 1896, cuando se autoriza un crédito por valor de 550 pesetas para la reparación de las cubiertas del edificio, y así poder evitar nuevas filtraciones en los respaldos de los tejados.[6]

Como arquitecto provincial realizó numerosos proyectos para diversas localidades de la provincia, como Bembibre, Ponferrada o Astorga entre otras. Será en Bembibre donde lleve a cabo el proyecto de instalación de un reloj público en la torre de la iglesia parroquial de la localidad, una labor que ascendió a la cantidad de 2.597,40 pesetas;[7] mientras que en Ponferrada y Astorga, proyectará dos nuevos edificios de tipología penitenciaria. En la cárcel de Ponferrada se le solicita estudiar una posible reforma de la sede actual, proyectando finalmente otra de nueva planta, para la que el 23 de marzo de 1889 firma los planos (figura 2).[8] En el caso de Astorga, presenta un diseño de planta semielíptica de inspiración clásica bajo una gran armadura metálica de unos 6.000 kilos de peso, procedente de Amberes (figura 3).[9]

Otro ejemplo de intervención en un espacio carcelario lo encontramos en la propia ciudad de León, donde Blanch, ante los múltiples desperfectos que presentaba el antiguo edificio de factura medieval, cree necesario realizar una nueva adaptación de los espacios para convertirlo en correccional.[10]

Una de las tareas que más le demandaban era la de diseñar proyectos para los ayuntamientos de la provincia, quienes solicitaban los servicios del arquitecto provincial de cara a la dirección de las obras de sus escuelas, en localidades como Valderas, Vega de Monasterio, Toral de los Guzmanes, Gusendos y San Román de los Oteros; espacios que incluían dependencias habitacionales para los propios maestros.[11]

Dos de sus grandes encargos, de sobra conocidos por la historiografía, son los que realiza en el mes de

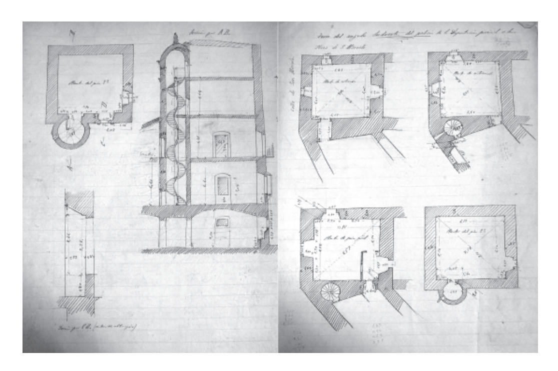


Figura 1
Bocetos de la planta y sección de la torre del ángulo sudoeste del palacio provincial de León. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20083/8. León, 5 de marzo de 1888)

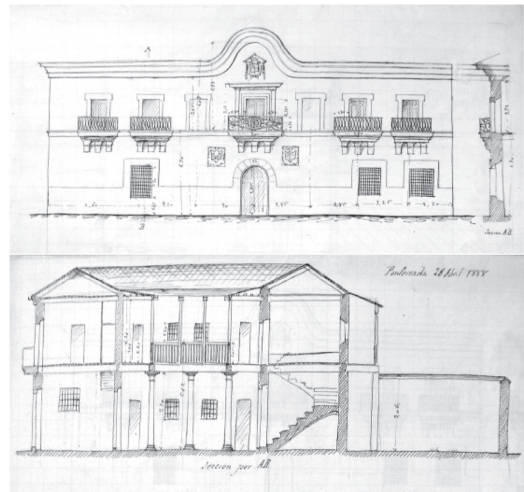


Figura 2
Dibujo de la fachada y sección de la cárcel de Ponferrada. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20035/5. Ponferrada, 28 de abril de 1888)

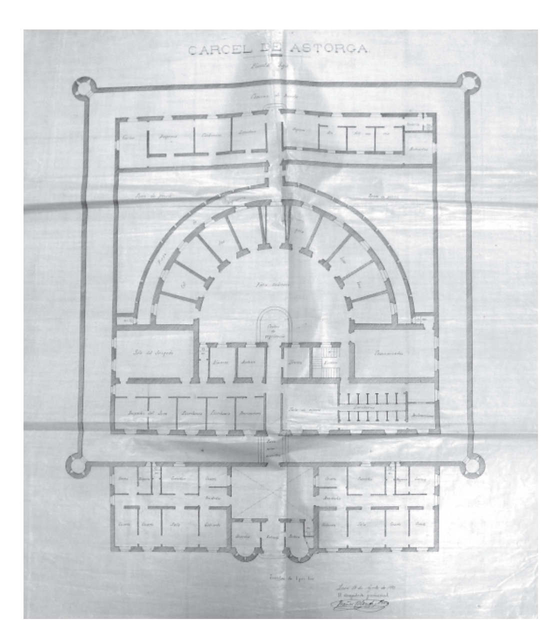


Figura 3
Proyecto de la planta de la cárcel de Astorga. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20035/6. León, 18 de agosto de 1889)

noviembre de 1893, cuando firma el proyecto del nuevo hospital de San Antonio Abad para la ciudad de León (Serrano Laso 1993, 68-72) y el 8 de enero de 1894, en que aparece como arquitecto diocesano al frente de las obras del palacio episcopal de Astorga; un trabajo que debió acometer según Alonso Gavela (1972, 51-54) y Serrano Laso (1993, 44) gracias al posible parentesco de su esposa y el arquitecto modernista Antonio Gaudí.[12] Su intervención se centró en la construcción de cloacas colectoras de aguas pluviales, con el fin de evitar el deterioro en que, de no haber actuado, se podría haber visto sumido el edificio. Un trabajo de urgencia, ante la escasez presupuestaria en que se vio sumida la obra, pero de vital importancia para la supervivencia del edificio, que según figura en la certificación de obra, presentada por el maestro el 21 de junio de 1894, importó la cantidad de 4.616,90 pesetas (García Crespo 2015, 22-26).

Como arquitecto diocesano, durante los años 1893, 1895, 1898, 1904, 1909 y 1910 firma varios planos y presupuestos, junto a las condiciones de subasta para la terminación de la capilla del hospicio de Astorga, obras de ampliación de dormitorios del hospicio, cuartos de baño, sala de planchado y secadero de ropa, arreglo del patio de mujeres y otras tareas menores, como el traslado de los nuevos escusados del departamento de mujeres, el saneamiento de las letrinas, la instalación de nuevos retretes y la fijación de palomillas en las fachadas del edificio para el sostenimiento del cableado eléctrico.[13] Otro de sus encargos en la ciudad asturicense, fue el encargo, por parte de la comisión provincial de monumentos artísticos e históricos, de realizar un informe sobre el estado de conservación de las murallas, así como el proyecto de apertura de uno de sus tramos para permitir la elevación de una escalinata (figura 4).[14]

Sin embargo, una de sus facetas profesionales menos conocidas fue su trayectoria desempeñada entre los años 1900 y 1913 para particulares y entidades de beneficencia, momento en que con motivo del crecimiento y aprobación definitiva del ensanche en la ciudad, comenzaron a construirse nuevas viviendas, para las que se hizo cargo de la elaboración de memorias y planos alusivos a numerosas reformas y elevación de edificios de nueva planta,[15] como la apertura de vanos y un balcón en la fachada de una casa, ubicada en el número 1 de la calle Serranos, propiedad de D. Augusto Pérez Regueral.[16]

El 25 de mayo de 1900 firma los planos para la elevación de un segundo piso en la casa del número 2 de la calle Descalzos, sede del actual colegio leonés en las inmediaciones de la plaza de San Isidoro, por iniciativa de su por entonces dueño, D. Eugenio Gon-

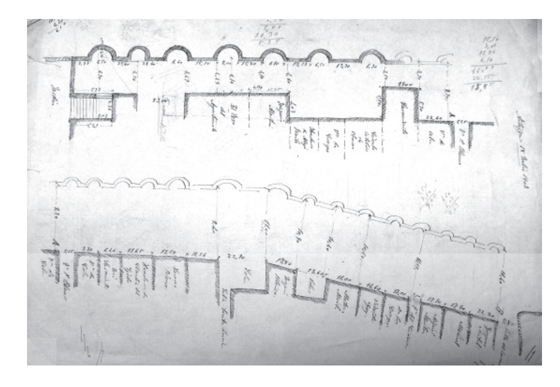


Figura 4
Dibujo del trazado de la muralla de Astorga. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 18829/6, 7, 8 y 9. Astorga, 18 de julio de 1907)

zález Sangrador (figura 5),[17] quien el 27 de julio le encarga el diseño de una casa de nueva planta en la carretera de Adanero a Gijón, también conocida como carretera de San Francisco (figura 6).[18]

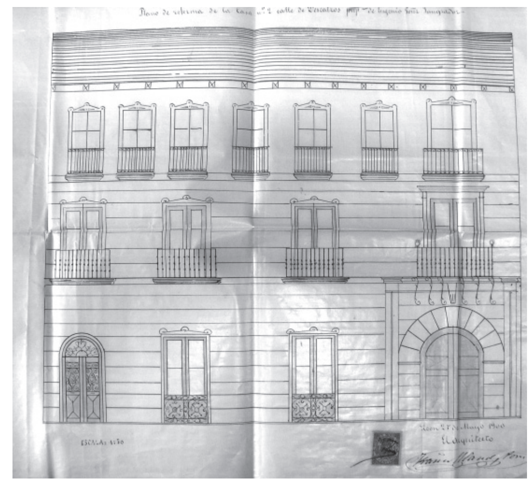


Figura 5
Proyecto de reforma de la casa de D. Eugenio González Sangrador en el número 2 de la calle Descalzos, actual colegio Leonés. (Francisco Blanch y Pons. AML. Caja 1425-27, expediente 27/1900. León, 25 de mayo de 1900)



Figura 6
Proyecto de la fachada principal de la casa de D. Eugenio González Sangrador en la carretera de Adanero a Gijón. (Francisco Blanch y Pons. AML. Caja 1425-43, expediente 43/1900. León, 27 de julio de 1900)

El 16 y el 20 de agosto de 1901 elabora diversos planos de reformas para las fachadas de dos casas; una en el número 9 de la calle de la Rúa, cuyo propietario, D. Manuel López pretende igualar las dimensiones de los tres vanos de acceso a la planta baja del inmueble;[19] y otra en el número 2 de la calle del rollo, para D. Manuel Iglesias, cuya reforma consistió en la apertura de nuevos huecos y traslado de sitio de otros, junto a un recubrimiento exterior de ladrillo sobre el tapial original.[20]

El 1 de febrero de 1905 hace el diseño de reforma de la fachada oeste del desaparecido hospicio de la ciudad, que da a la calle Santa Nonia, un proyecto realizado a petición de D. Isidoro Aguado Solís, director del Hospicio y Casa de Maternidad Provincial, consistente en la apertura y regularización de los vanos y así dar más luz y ventilación a los locales situados en la fachada de poniente.[21] Una intervención que se completó con el proyecto de modificación de la fachada norte, orientada a la calle puerta de la Reina, cuyo plano fue firmado por Blanch el 6 de junio del corriente, bajo solicitud del diputado y director del hospicio, D. Miguel Díez Gutiérrez Canseco, en la que se abrieron un total de ocho ventanas «con el fin de higienizar, dándoles más luz y ventilación, a los locales de este establecimiento destinados a Escuela de niños pobres y academia de música para los asilados de la casa» (figura 7).[22]

Su tarea en las obras del hospicio continuó dos años más tarde, cuando bajo petición del mismo director, el 13 de abril de 1907 proyecta la reforma de la fachada este que linda con la carretera de San Francisco, para «colocar en mejores condiciones higiénicas las enfermerías, dormitorios y demás locales situados en la parte oriente del edificio… rasgando sus ventanas para que reciban más luz y ventilación las habitaciones enclavadas en dicha parte».[23]

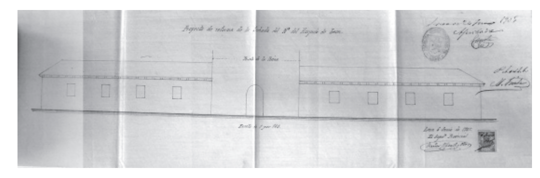


Figura 7
Proyecto de la fachada norte del hospicio de León. (Francisco Blanch y Pons. AML. Caja 1427-113, expediente 37/1905. León, 6 de junio de 1905)

Junto a estas obras de reforma y mejora espacial, realizó en la ciudad otras menores, como la construcción de una pared de ladrillo para la casa del número 17 de la calle de la Vega, propiedad de D. Ramón María Calabozo, en el barrio del mismo nombre, con el fin de cobijar un arroyo que atravesaba la finca del inmueble, pretendiendo con ello «se hermosearía aquella parte que da a la calle».[24] Para el mismo enclave, proyectó edificar el 13 de enero de 1908, la casa ubicada en la propia finca «para que no solo sea fachada sino construir en lo interior una casa-habitación de planta baja solamente, sin variar ni alterar en nada la fachada».[25]

El 17 de diciembre de 1909 firma el diseño de la fachada de una nueva casa en propiedad de D. Ricardo Panero, ubicada en el número 2 de la calle del Instituto, en la que se proyecta la apertura de cuatro vanos en la planta alta y la colocación de una nueva reja en la planta baja.[26] Una obra que continúa el 11 de abril de 1912, cuando construye un cuerpo alto, a modo de torreón en la fachada del edificio (figura 8).[27]

Uno de los últimos encargos que hemos localizado, tiene lugar el 23 de enero de 1913, cuando proyecta para D. Eugenio Díez Modino un diseño de aumento de piso y ampliación de hueco en la planta baja de su casa, ubicada en el número 19 de la calle San Pedro de la capital leonesa.[28] Finalmente y debido a sus relaciones familiares con la localidad tarraconense de Reus, a donde volvió unos meses antes de morir, proyecta para la localidad de Castellvell, la construcción de nueva planta de unas escuelas elementales.[29]

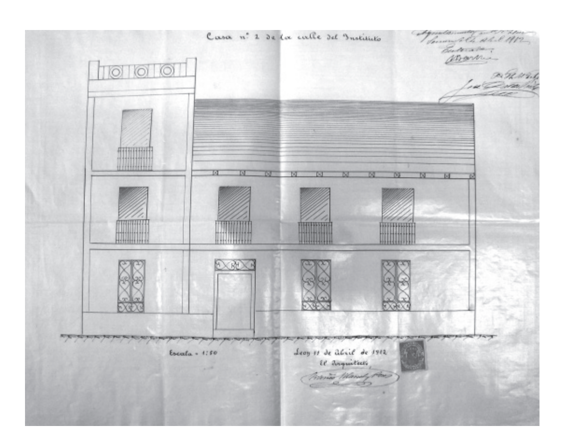


Figura 8
Proyecto de la casa de D. Ricardo Panero en el número 2 de la calle del Instituto. (Francisco Blanch y Pons. AML. Caja 1430-79, expediente 22/1912. León, 11 de abril de 1912)

Un proyecto inédito de Francisco Blanch y Pons: la instalación de un observatorio meteorológico en el torreón sudeste del palacio de los Guzmanes (1894-1895)

Desde sus inicios, la diputación provincial contaba con la ubicación del observatorio meteorológico de la ciudad en la torre del edificio que ocupaba el instituto de segunda enseñanza de la ciudad, conocido como instituto provincial de León. Una ubicación que tras cesar en su uso, con el paso del tiempo comenzó a resentirse, necesitando profundas reformas, presupuestadas por Blanch el 11 de noviembre de 1894 en 1.830,58 pesetas.[30]

Es por ello que las primeras noticias que tenemos sobre la nueva implantación del servicio meteorológico de la provincia, tienen lugar el 17 de diciembre de 1894, cuando el ingeniero agrónomo D. Antonio Fernández, por orden del señor director general de agricultura, industria y comercio, escribe al servicio agrónomo de la provincia de León con la intención de implantarlo de nuevo a inicios del mes de enero de 1895. Para ello, a pesar de contar con el material necesario, deja claro que no se dispone de un local adecuado, por lo que en vista de la utilidad que el mencionado servicio puede reportar a todos los ciudadanos leoneses y muy especialmente a los agricultores, se dirige a «llamar la atención de su señoría y de la comisión que con tanto acierto preside, acerca de la conveniencia de instalar un observatorio meteorológico en el palacio de la Excma. Diputación a cuyo efecto bastaría construir una azotea o terrado donde pudieran tomarse las observaciones necesarias».[31]

Siendo presidente de la institución el señor D. José Rodríguez Vázquez el 8 de enero de 1895 (Carantoña Álvarez y Puente Feliz 1995, 174-175), Blanch y Pons, como arquitecto municipal, deja constancia de la aprobación de la propuesta por parte de la institución provincial el día 19 de diciembre, instando a la elaboración del proyecto y presupuesto de las obras necesarias para su instalación. En su escrito recoge el siguiente testimonio:

> Que después de oído el parecer de dicho señor ingeniero se necesita que sobre la cubierta de este edificio se cons-

> truya una azotea o plataforma desde donde; y al aire libre se puedan tomar las observaciones; y al mismo tiempo construir una pequeña garita o templete en el centro de la azotea para guarecerse en días de temporal.[32]

Es por ello que considera que el sitio más indicado para hacer estas obras sea el de la cúspide de la cubierta de la torre, en la esquina sudeste del palacio, entre las calles de San Marcelo y del Cid; un lugar que según Blanch permitiría poder practicar con más facilidad la ruptura de la cubierta y establecer así una comunicación directa entre dicho observatorio y la oficina del ingeniero agrónomo, abriendo para ello un puerta que comunicase dichas oficinas con la escalera de la torre (figura 9).

Tras enviar el oportuno permiso al gobernador de la provincia, previo a la realización del proyecto y presupuesto de las obras, el 20 de enero la comisión provincial contesta en los siguientes términos:



Figura 9
Vista en primer término de la torre sudeste del palacio de los Guzmanes a principios del siglo XX. Archivo de la Diputación Provincial de León

> En vista de lo manifestado por el arquitecto municipal referente a la instalación en el palacio provincial de un observatorio metereológico según interesa, el señor ingeniero agrónomo de la provincia, para colocar en él los aparatos que por el centro superior se le han remitido, esta comisión en sesión de ayer, previa declaración de urgencia, y aceptando desde luego el sitio donde según el arquitecto debe instalarse, que es la cúspide de la cubierta de la torre del ángulo sudeste que hace esquina a las calles de San Marcelo y del Cid, acordó decir al arquitecto que continúe los trabajos para formar el proyecto y presupuesto de la obra dando cuenta a la comisión para que ésta pueda acordar en su vista lo que proceda.[33]

El pleno de la diputación, teniendo en cuenta la inexistencia de un espacio para ubicar el observatorio, en la sesión del 29 de enero, bajo rúbrica del vicepresidente de la institución, D. José Fernández Núñez y del secretario, D. Luis Luengo Prieto, acordó dar el visto bueno a la realización del proyecto y presupuesto de la obra.[34] Es por ello que lo ponen en conocimiento del gobernador militar, D. Mariano Almuzara, a quien se le manifiesta el hecho de que el arquitecto provincial haya de continuar con los trabajos.[35]

En menos de tres semanas, el 27 de febrero, Blanch da por finalizado el proyecto y presupuesto de las obras necesarias para su instalación, describiendo la intervención del observatorio como la construcción de un templete o kiosko de madera colocado sobre una plataforma en la cúspide de la torre, rodeado de una galería volada y con antepecho o barandilla de hierro, cubriendo todas las partes que dan a la intemperie con pizarra. Con el examen de los planos y el presupuesto detallado que adjunta, el arquitecto cree ser suficiente para hacerse una «idea clara del pensamiento que me ha guiado al formular este proyecto y de la clase de materiales que se emplearán en su ejecución» (figura 10).[36]

El arquitecto, siendo conocedor del artículo 21 del reglamento de las comisiones provinciales de monumentos, de 24 de noviembre de 1865; reformado por la Real Orden de 30 de diciembre de 1881; por el que no se podían materializar obras en los edificios públicos sin la autorización de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, deja claro que en el caso de aceptarse dicho proyecto, éste deberá elevarse a

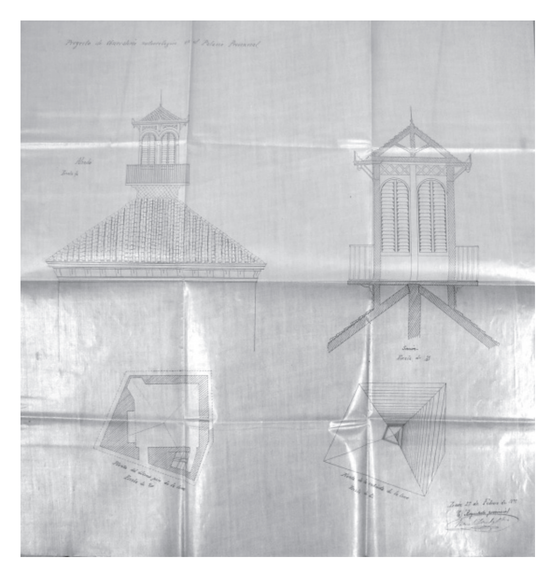


Figura 10
Proyecto del observatorio meteorológico para la torre sudeste del palacio provincial. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 27 de febrero de 1895)

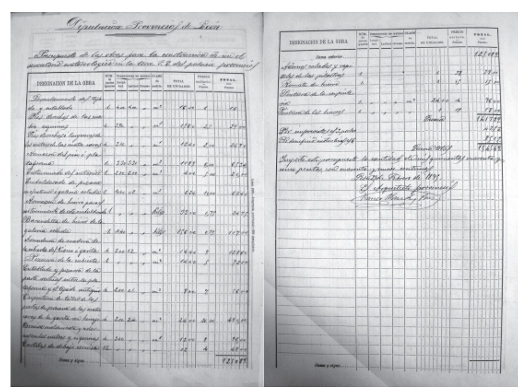


Figura 11
Presupuesto para la elaboración del observatorio meteorológico en la torre sudeste del palacio provincial. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 27 de febrero de 1895)

dicha aprobación superior. Considerando conveniente recordar a la comisión provincial, que cuando se lleven a cabo estas obras sería una buena ocasión para colocar los pararrayos, no solo en la torre del observatorio sino en las demás del palacio, según se estipulaba en el proyecto de restauración del mismo; pues aunque las torres angulares no se encontraban terminadas, podrían instalarse provisionalmente ya que «por cuestión de los cables y de la economía de los mismos sería mejor hacer la instalación total que no de un solo pararrayos».[37]

Su ejecución conllevaba un montante presupuestario de 1.545 pesetas y 49 céntimos, incluyendo el 2% de imprevistos y el 6% por beneficio industrial; un desglose en el que se incluyen las obras del levantamiento del tejado y entablado del mismo en una superficie total de 16 m^2. Para ello Blanch establece como materiales necesarios para su factura los cuatro pies derechos para las esquinas del templete y los largueros de los centros de las cuatro caras, el armazón del piso o plataforma del mismo, el entarimado del interior del templete, embaldosado de pizarra en el exterior, armazón de hierro para el sostenimiento de este embaldosado y la barandilla de hierro para la galería volada (figura 11).[38]

Como sistema de cubierta de la garita se emplearía armadura de madera cubierta por pizarra, junto a un entablado y un nuevo recubrimiento de pizarra para la parte vertical, entre la plataforma y el tejado antiguo. Las puertas de persiana para las cuatro caras de la garita se harían de carpintería de madera, contando con sus respectivos herrajes (figura 12).

Ornamentalmente presentaría cuatro cornisas molduradas y diversos adornos en los centros y esquinas, junto a doce carteles ubicados debajo de las cornisas, diversos adornos calados y capiteles sobre las pilastras y un remate decorativo de hierro a modo de aguja en la cúspide; todo ello cubierto por una capa de pintura protectora para la carpintería de madera y los hierros (figura 13).[39]

Como pasos preceptivos para su aprobación y posterior materialización, el 16 de marzo la comisión acordó reservar al conocimiento de la diputación el proyecto y presupuesto de las obras necesarias para su instalación, el 29 del mismo mes lo remitió al señor gobernador, acordándose el día 2 de abril que pasase a la comisión de Fomento para su dictamen. Finalmente en la sesión del día 3 de abril, la comisión, dictamina:

> No encuentra que armonizara mucho con el corredor de este edificio, la construcción del observatorio en el sitio que se indica, y es de parecer que el más propio sería en

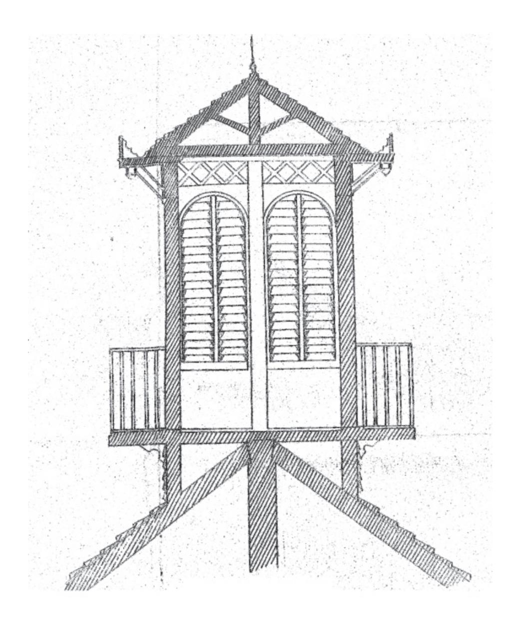


Figura 12
Sección del observatorio meteorológico en la torre sudeste del palacio provincial. (Francisco Blanch y Pons. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 27 de febrero de 1895)

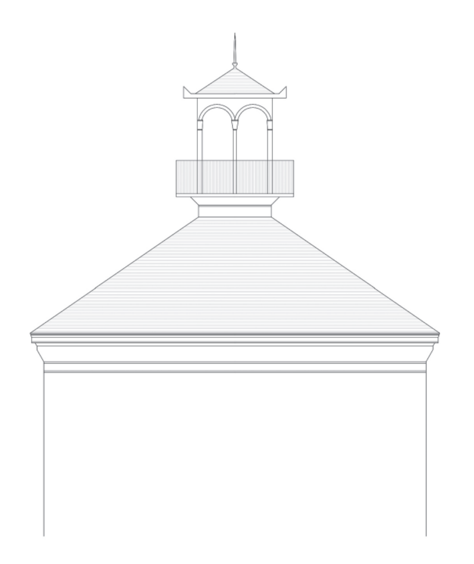


Figura 13
Alzado del observatorio meteorológico en la torre sudeste del palacio provincial. (Diseño de la arquitecta Cristina Siguero Martínez)

las torres de los ángulos noroeste y sudoeste, que como en ellas hay que hacer otras, se podría incluir en el proyecto de estas obras la instalación del observatorio, que con poco gasto y sin detrimento de la cubierta de este edificio podrá establecerse.[40]

La decisión de suspender el proyecto de Blanch, se argumenta en la inexistencia de una cantidad económica dentro del presupuesto provincial para este servicio, que no se considera de urgente necesidad, posponiendo temporalmente la realización del mismo, siendo notificado a la institución en la sesión del día 6 y comunicado al gobernador civil D. José Armero y Peñalver el día 13 de abril de 1895.[41]

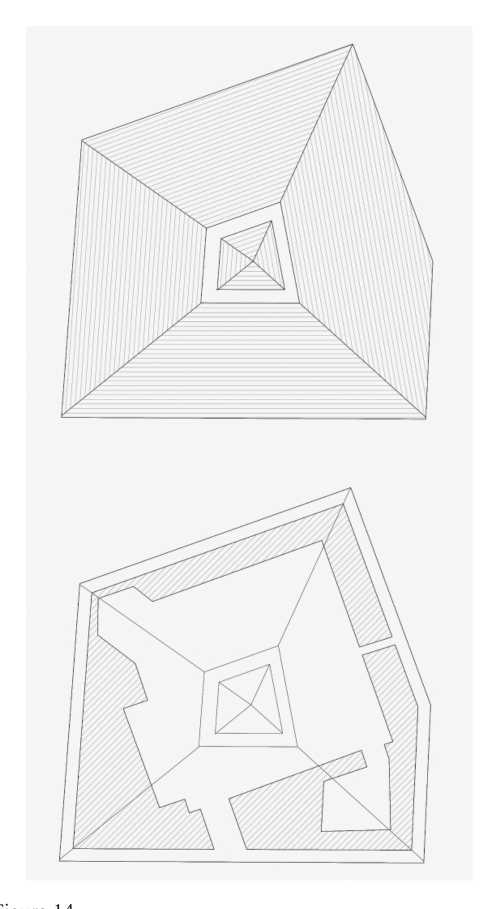


Figura 14
Plantas de la cubierta y del último piso de la torre sudeste del palacio provincial con la ubicación del observatorio meteorológico. (Diseño de la arquitecta Cristina Siguero Martínez)

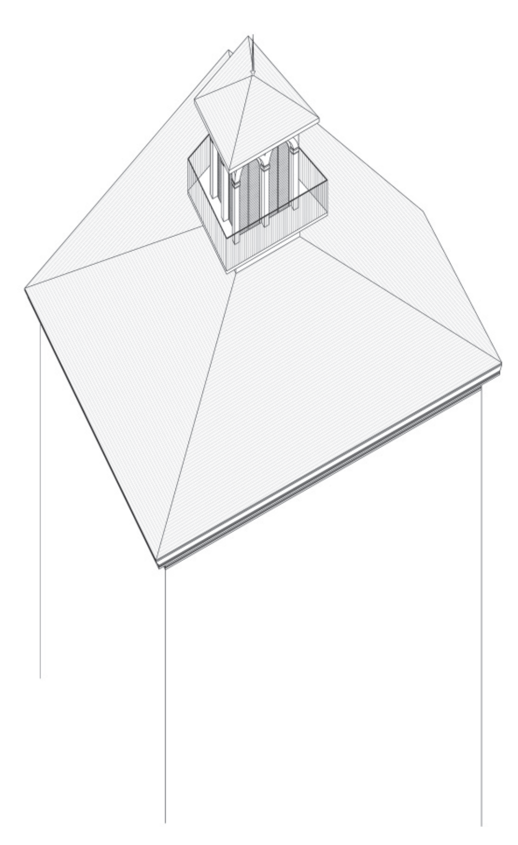


Figura 15
Proyección axonométrica del observatorio meteorológico en la torre sudeste del palacio provincial. (Diseño de la arquitecta Cristina Siguero Martínez)

El resultado del proyecto diseñado por Blanch, era el de un templete volado sobre una plataforma, rodeado de una galería volada y una barandilla de hierro, que permitiría la instalación y toma de datos por parte del servicio meteorológico, a la par que la ubicación de uno de los pararrayos en el palacio (figuras 14 y 15).

Como conclusión, debemos destacar el hecho de haber contribuido a dar a conocer la trayectoria del arquitecto Francisco Blanch y Pons en el ámbito leonés, examinando su participación al frente de las obras del palacio de los Guzmanes, con especial interés en el análisis de un proyecto inédito, a través de la publicación de los planos y diseños del mismo, constituyendo una aportación novedosa de la proyección de un elemento arquitectónico efímero, supeditado en esencia al servicio de la obtención de datos climatológicos, y condicionado por su particular ubicación en un lugar estratégico de la ciudad; fiel reflejo de un momento de experimentación de las nuevas oleadas industrializadoras del periodo decimonónico.

Notas

1. En relación al palacio de los Guzmanes véanse los estudios de: Díaz-Jimenez y Molleda (1885), Gómez Moreno (1925-1926, 302-303), Bravo Guarida (1935, 42-44), Rivera Blanco (1982, 173-188), Hoag (1985, 178-180), Casaseca Casaseca (1988), Álvarez Oblanca (1995), Campos Sánchez-Bordona (2002, 92-96), Campos Sánchez-Bordona (2007, 167-194), Morais Vallejo y Campos Sánchez-Bordona (2007, 168-203).
2. Compagina sus labores como arquitecto municipal interino entre los meses de junio de 1893 a marzo de 1894, septiembre a diciembre de 1897 y febrero a julio de 1899 (Serrano Laso 1993, 39).
3. ADPL. Caja 12102/1. León, 13 de octubre de 1891.
4. ADPL. Caja 20059/28. León, 26 de julio de 1888 y ADPL. Caja 20058/21. León, 10 de agosto de 1888.
5. ADPL. Caja 12102/19, expediente 7.035. León, 1 de diciembre de 1892.
6. ADPL. Caja 12102/21, expediente 7.035. León, 27 de marzo de 1896.
7. ADPL. Caja 18829/11 y 12. Bembibre, 22 de septiembre de 1891.
8. ADPL. Caja 20035/5. Ponferrada, 23 de marzo de 1889.
9. ADPL. Caja 20035/6. León, 18 de agosto de 1889.
10. ADPL. Caja 20035/7. León, 17 de agosto de 1911.
11. ADPL. Caja 20055/1, 4, 5 y 6.
12. En nuestra opinión, Blanch ocupaba el cargo de arquitecto de la diócesis de Astorga con anterioridad a la ejecución de dicho encargo, por lo que consideramos que de no ser probada tal filiación familiar, éste no sería el motivo de su papel al frente de las obras del palacio episcopal, sino el de encontrarse al menos desde el año 1891 al cargo de la supervisión de las obras de la diócesis.
13. ADPL. Caja 18823/2, expedientes A 2-2, A 2-3, A 2-5, A 2-7 y A 2-8.
14. ADPL. Caja 18829/6, 7, 8 y 9.
15. Al tener que presentarse a la comisión de obras del consistorio leonés, toda la documentación relativa a encargos de obras particulares se conserva en la sección Secretaría del Archivo Municipal de León.
16. AML. Caja 1425-24, expediente 24/1900. León, 22 de mayo de 1900.

17. AML. Caja 1425-27, expediente 27/1900. León, 28 de mayo de 1900.
18. AML. Caja 1425-43, expediente 43/1900. León, 28 de julio de 1900.
19. AML. Caja 1425-104, expediente 43/1901. León, 16 de agosto de 1901.
20. AML. Caja 1425-107, expediente 46/1901. León, 20 de agosto de 1901.
21. AML. Caja 1427-81, expediente 5/1905. León, 3 de febrero de 1905.
22. AML. Caja 1427-113, expediente 37/1905. León, 12 de junio de 1905.
23. AML. Caja 1428-95, expediente 24/1907. León, 15 de abril de 1907.
24. AML. Caja 1428-137, expediente 66/1907. León, 2 de diciembre de 1907.
25. AML. Caja 1428-140, expediente 69/1907. León, 18 de diciembre de 1907.
26. AML. Caja 1429-96, expediente 40/1909. León, 17 de diciembre de 1909.
27. AML. Caja 1430-79, expediente 22/1912. León, 12 de abril de 1912.
28. AML. Caja 1431-2, expediente 2/1913. León, 20 de enero de 1913.
29. ADPL. Caja 20059/10. Castellvell, 16 de septiembre de 1913.
30. ADPL. Caja 20059/29. León, 11 de noviembre de 1894.
31. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 17 de diciembre de 1894.
32. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 8 de enero de 1895.
33. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 20 de enero de 1895.
34. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 29 de enero de 1895.
35. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 7 de febrero de 1895.
36. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 27 de febrero de 1895.
37. Ibidem.
38. Ibidem.
39. Ibidem.
40. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 16 de marzo de 1895.
41. ADPL. Caja 20082/5, expediente 5-2. León, 13 de abril de 1895.

Lista de referencias

Alonso Gavela, M. J. 1972. *Gaudí en Astorga*. León: Institución Fray Bernardino de Sahagún, Diputación Provincial de León, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Álvarez Oblanca, W. 1995. *El palacio de los Guzmanes. Sede de la Diputación Provincial de León. Guía*. León: Diputación Provincial de León.

Archivo de la Diputación Provincial de León (ADPL).

Archivo Municipal de León (AML).

Bravo Guarida, M. 1935. «El mejor palacio leonés». En *Rincones Leoneses*, 42-44. León: El Diario de León.

Campos Sánchez-Bordona, M. D. 2002. «León». En *Casas y Palacios de Castilla y León*, dirigido por J. Urrea, 89-111. Valladolid: Junta de Castilla y León.

Campos Sánchez-Bordona, M. D. 2007. «Las transformaciones de la arquitectura señorial del renacimiento español, como reflejo del devenir histórico y del debate de las teorías restauradoras: El ejemplo del palacio de los Guzmanes de León». *De arte: revista de historia del arte*. 6: 167-194.

Carantoña Álvarez, F. y G. Puente Feliz, 1995. *Historia de la Diputación de León*. 2 vols. León: Diputación Provincial de León.

Casaseca Casaseca, A. 1988. *Rodrigo Gil de Hontañón (Rascafría 1500-Segovia 1577)*. Salamanca: Junta de Castilla y León.

Díaz-Jimenez y E. Molleda, 1885. *La Casa de los Guzmanes*. León: Imprenta de Nicolás López Muñoz.

Diez García-Olalla, J. 2013. «Los proyectos de Juan Bautista Lázaro para el palacio de los Guzmanes». *De arte: revista de historia del arte*, 12: 217-232.

García Crespo, M. 2015. «Sobre la participación del arquitecto Blanch en las obras del palacio episcopal de Astorga». *Argutorio*, 33: 22-26.

Gómez Moreno, M. 1925-1926. *Catálogo Monumental de España. Provincia de León (1906-1908)*. Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.

González-Varas Ibáñez, I. 1996. *Restauración monumental en España durante el siglo XIX*. Valladolid: Ámbito – Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León.

Hoag, J. D. 1985. *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y Renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*. Madrid: Xarait.

Morais Vallejo, E. y M. D. Campos Sánchez-Bordona, 2007. *Arquitectura y patrimonio. Edificios civiles de la ciudad de León en la Edad Moderna*. León: Universidad de León.

Moreno Medrano, F. 1978. «En la casa de la provincia - El Palacio de los Guzmanes». *Tierras de León: Los Reyes en León*. 18: 35-69.

Rivera Blanco. J. 1982. *Arquitectura de la segunda mitad del siglo XVI en León*. León: Institución Fray Bernardino de Sahagún, Diputación Provincial de León, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Serrano Laso, M. 1993. *La arquitectura en León entre el Historicismo y el Racionalismo 1875 1936*. León: Universidad.

Diseño y construcción de la Catedral de Durango en México

María Angélica Martínez Rodríguez
Joaquín Lorda Iñarra

La antigua diócesis de Durango en México abarcaba el inmenso Norte, con partes del actual Estados Unidos. Conserva un rico archivo, con documentos sobre construcciones; María Angélica Martínez publicó algunos (Martínez 1996). Ahora mostramos otros, relacionados con los campanarios de su catedral; en particular, el cuaderno de fábrica del más reciente.

> Quaderno perteneciente a la fabrica destinado para solo el fín del gasto, q[e] Ymbierte la nueba torre... Durango 24 de Orê de 1784.

La diócesis se creó en 1620, en una situación anormal; cuando el gobierno virreinal sofocó la rebelión de tepehuanos, donde peligró la ciudad de Durango (Jiménez 2006, 116-129). Y los virreyes se obligaron a «normalizar» la vida en su capital y territorio: la diócesis fue un paso, aunque congregara pocos fieles. Los españoles —columna vertebral— eran reacios a venir: si atraían las tierras y minas de Durango, desalentaban los ataques indígenas, que continuaron hasta la independencia. Una diócesis «normal» precisaba una catedral: en 1635, se inició una, entera y grande, con cúpula y torres. La cúpula se cerró en 1652;[1] faltaban las torres. En 1694, se creyó el momento; y desde Durango se recordó al virrey cuatro circustancias insalvables.

Durango era tierra mala: «esta tierra Es de mucha Carestia»
Nadie sabía de arquitectura: «En ella Y en muchas Leguas no ay Maestro Architecto»
Sólo vivían 200 españoles: «Esta Ziu[d]. secompone como de quarenta Vezinos Españoles
Y sin apenas medios: los mas son pobres...»[2]

Un proyecto de campanario para la catedral de Durango

Nada frenaría la construcción de la torre de campanas. Y contra lo anunciado, se atrajo a un «maestro arquitecto» desde Guadalajara, Mateo Núñez, para trazar el proyecto de campanario. Cobraría mucho; un informe de entonces lo justificaba: «en este R[no] se carece de Maestros de Arquitectura; y hay que buscarlos de partes mui distantes y a fuerça de costo considerable».

Y llegó un «maestro albañil», Joseph de la Cruz, que dirigiría la obra, sobre proyecto de Núñez; y varios peones, que el informe juzga «personas pobres y de vaja esfera»; y además eran «Maestros Yndios mulattos y coyotes». Esto suponía un problema de tipo económico: tales constructores no encontrarían quien los avalase ante el cliente, como pedía la costumbre.[3] Pero era cosa poco destacable; en Durango un censo posterior, 1712, cuenta 1700 adultos; es decir, la gran mayoría era india (Vallebueno y Durazo 2013, 36). Maestro y cuadrilla se mostraron competentes. La torre, iniciada antes de 1700, se remató en 1721;[4] y por un siglo, simbolizó la civilización en estos castigados parajes.[5]

Al proyectar un campanario de catedral, hacia 1700, Puebla era referencia obligada; aunque no se



Figura 1
Catedral de Puebla (Postal I. G Hatton, 1906)

usara de modelo (Molero 2014). Esta catedral se pensó con cuatro torres; se levantó para dos;[6] se terminó con una, concluida en 1678: 70 metros de altura y esbeltez desafiante. Su proporción, ajena a lo español (García 1681, 9-10; Chueca 1999, 119-140), gustó en Puebla; fue emulada en la diócesis; y algunas torres poblanas añadieron luego más cuerpos (Toussaint 1954, 31-33). Su fuste liso soporta dos cuerpos de campanas superpuestos, el superior algo retranqueado; recuerdese que Fray Lorenzo creía bueno retranquearse medio pie, por lo menos (1633, 1: 192-193); y ambos tapizados de órdenes; como imitó Durango.

Las torres de Durango cargaron sobre muros de mampostería, entre 1.70 y 2.00 metros. El diseño de un campanario preveía cuatro riesgos. 1. Los sismos: en el sur de México, son más fuertes, obligó a macizar la silueta de los templos; y se hicieron más atrevidas en el centro y norte.[7] Durango se sitúa en la llamada Zona B, o «penisísmica»: sismos infrecuentes, sin sobrepasar el 5,0 Richter.[8] Nuñez diseñó una torre muy estable. 2. Los asentamientos. Tan frecuentes: las torres concentran cargas. Heyman recomienda esperar 500 años para valorar (Heyman 1997, 24-25); a la torre de Durango le falta un siglo: su salud es buena. 3. Los rayos. Las torres eran blanco predilecto; afeitaban remates, abrían boquetes, agrietaban muros; sin arruinarlas. Antes de los pararrayos, mediado el siglo XIX, el riesgo pavoroso eran los incendios. En la capital de Nueva Vizcaya se usaron sin duda reliquias contra los rayos. De momento no sabemos documentarlo y citamos un expresivo comentario sobre otra torre de campanas en la Vizcaya española: «aunque en ella se depositó una caja con varias reliquias contra el fuego del cielo ha sido tan perseguida por él, qué hace algunos años hubo que aplicarla un pararrayos» (Delmas 1864, 311). 4. El volteo de campanas grandes. Daña las fábricas; por ejemplo, el campanario de la catedral de Barcelona «de las horas litúrgicas» se restauró entre 2001 y 2013; los volteos y vibraciones de sus once campanas habían deformado la fábrica (sin grave riesgo). La fuerza del viento se tuvo en cuenta en el diseño de catedrales; no influyó en el diseño de torres; se añadían refuerzos ad casum.

Entre las prioridades de una catedral, las campanas importaban más que el campanario; si urgía concluir el presbiterio para iniciar los cultos, las campanas avisarían de esos cultos, y de las horas, alarmas y alegrías. En Durango, pronto se encargaron 16 campanas, y luego más.[9] Pero la construcción de la segunda torre, como en Puebla, se retrasó un siglo: era sólo una exigencia estética y no litúrgica. Una descripción del obispo, en 1765, aludía a la función de ciertas campanas:

> La torre de esta santa Yglecia Cathedral, es de piedra de canteria, de tres cuerpos de maior amenor, veinte y quatro campaniles, y otros tantos balcones de fierro, chapitel con cruz defierro, relox con su muestra: con dies y nuebe campanas y Esquilas distribuidas en esta forma: En el primer cuerpo la campana mayor…, el esquilon maior… en el Relox ay dos campanas, la una con que seda las oras… y la otra con que sedan los quartos… y una campanita chica que esta en la solea y sirve de haser seña desde el coro….[10]

El diseño de un cuerpo de campanas airoso está determinado por los vanos, arqueados y dispuestos en simetría, que se ajustan a la anchura de una cam-

pana grande con su yugo, preservando unos macizos proporcionales. Las torres pequeñas piden un eje de vanos. Las grandes con un eje obligan a vanos desaforados, como en El Escorial; y acomodan bien dos ejes, como en Durango y Puebla. Las torres muy grandes permiten tres ejes de vanos, como en la catedral de México. A esta pauta, Mateo Núñez añadió unas proporciones elementales: dio la misma anchura a vanos y macizos (cosa frecuente); y a los vanos una altura doble de tal anchura (proporción dupla, usual en vanos importantes).

Además, un campanario catedralicio español[11] o mexicano (Molina 2006, 59) esperaría albergar una veintena de campanas; precisaría cierto número de vanos para las campanas grandes o medianas; pues las pequeñas se superponen a otras. El diseño de Núñez con tres cuerpos de campanas de dos vanos, da 24 vanos, aunque las torres con tres cuerpos son raras. Cada cuerpo, con proporciones simples, y delimitado con poderosas cornisas, parece pesado. Acumulando tres cuerpos se obtiene una torre poderosa: se ha dicho que en las secuelas de Durango, con cuerpos igualmente masivos, late el cubo (Gómez 1983, 388).

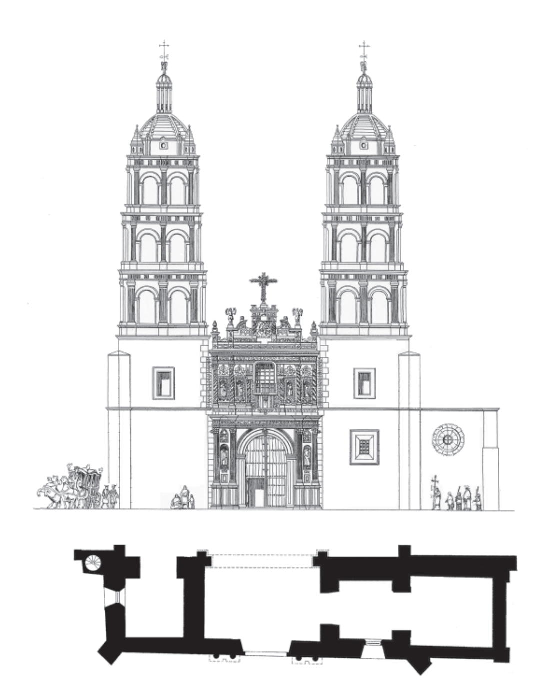


Figura 2
Fachada de la Catedral de Durango dibujada por alumnos de la ETSA de la Universidad de Navarra

Falta establecer cómo superpuso Núñez sus tres cuerpos. A fines del XVII, muchos tratados daban fórmulas de superponer; a veces distintas según se aplicaran a muros, órdenes y arcada; y muchas proporciones se expresaban en quebrados raros; ninguna prevaleció. François Blondel recogió varias en su Cours (Blondel 1675, I: 409-417). Blondel estaba lejos; pero el ubicuo Vitrubio daba una fórmula muy sencilla (Perrault 1673, 140): reducir 1/4 el piso superior; no se usaba mucho, pues la reducción parecía excesiva. En Durango cada piso se redujo como 1/8 sobre el inferior. Una proporción rara; que recomienda Scamozzi (Scamozzi 1615, 37): «es mera coincidencia». Scamozzi estaba cerca: sus órdenes los trae la segunda parte del difundido *Arte y uso de la arquitectura*, de Fray Lorenzo de San Nicolás (1665, II: 155-179); pero no recoge la superposición. La táctica de Núñez fue optar por lo elemental: divídase en dos la excesiva reducción de Vitrubio y da un octavo, proporción fácil de obtener y recordar. Y disminuyendo en 1/8 la anchura y altura de cada cuerpo, Núñez obtuvo un escalonamiento marcado, nuevo y satisfactorio.

Este esquema compositivo tenía un claro valor estructural. En este momento, se publicaron tratados con las cuestiones técnicas, incluso intuiciones de estática, con afán divulgador (Kruft 1994, 104): entre ellos está el tratado de Alessandro Capra, en Cremona, no lejos de la órbita española. Por ejemplo, allí compara la estabilidad de dos muros. En uno, cada cuerpo se retranquea a la altura de los forjados, señalados por fajas molduradas. En otro, la fábrica sube a plomo hasta la cornisa: los pisos superiores ganan espacio, a costa de la estabilidad (Capra 1717, 108-109). Capra la ilustró con dos dibujos expresivos; el diseño de Durango, con aparatoso retranqueo, respira esa misma lógica: una estabilidad que cualquiera percibía y las torres de Durango exudan: una «pacífica estabilidad» (Angelillo 2014, preface).

Y también aprovechaba experiencias estéticas que estaban en el ambiente. Pues la disminución «telescópica», el mayor logro arquitectónico de los campanarios de Durango, se aplicaba ya en otra escala a Monumentos de Jueves Santo, catafalcos, expositores y custodias:[12] la preconizaba Arfe; y el esquema inspiró a Balbás en su Ciprés de la catedral de Méxi-



Figura 3
Calco de dos muros (Capra 1717)

co, de 1743; y así lo percibió el obispo Tamarón y Romeral cuando describió la torre de Durango levantada en un ángulo de la iglesia a «manera de pirámide» (Cuevas 1992: IV, 114). Pero antes contribuyó al diseño de los campanarios, que emularon muchas iglesias del Norte: como los muy bellos de San Francisco de Celaya, las parroquias de Dolores Hidalgo y Silao en Guanajuato y la catedral de Chihuahua (donde trabajó Joseph de la Cruz).[13]

Algunos datos de la primera torre

Para la primera torre, subsiste un detallado *Auto y vista de ojos* de febrero de 1715.[14] «Para la perfeccion de la torre que se ha de rematar el tercer cuerpo consu arquitrave de relieve, y talla friso cornisa sus piramides media Naranja y linternilla…» Allí Joseph de la Cruz se presenta como «Maestro Architecto». Ordenando algo su escrito, son estas las cantidades para el último cuerpo de campanas (el menor):

El entablamento requeriría:
Arquitrabe: 80 piedras en bruto, 1 peso cada una; labrarlas 3 pesos
Friso: 80 piedras en bruto, 1 peso cada una; labrarlas 3 pesos y cuatro reales.
Cornisa: 90 piedras en bruto, 1 peso cada una; labrarlas 4 pesos.

El muro requeriría:
piedra de mampostería: 200 carretadas, a cuatro reales cada una.
cal: 1000 fanegas a 4 reales, cada una.
arena: 1000 fanegas a 1 real, cada una.
cuñas: 1000 a 0,1 pesos.

El sotabanco requeriría:
220 piedras en bruto a peso; labralas a 12 reales cada una

Los salarios requerirían:
Para el Maestro, 4 pesos diarios (al parecer se contaron 80 días).
Para el sobrestante, 1 peso diario
Para el oficial, 12 reales diarios
Para el peón, 3 reales diarios

La piedra de sillar parece cara (no mampostería). Los salarios son altos, suficientes para atraer a especialistas a un lugar lejano (y caro). Lo dice Joseph de la Cruz, que siendo Maestro, trabajaba también de oficial, en una declaración al iniciarse las obras: «El y otro Albañil estan trabajando de offiz[es]. de Albañil en dha Yglessia y que aeste dho declarante ledan



Figura 4
Torres. Vista desde la azotea de la Catedral de Durango

cada dia diez y ocho R^{es} [gana 18 reales diarios en Durango] p^{r} Su trabajo y dize que en la Ciu^{d}. de Guadalax^{a}. ganaba Vnpesso [ganaba 1 peso diario en Guadalajara] porsser tierra mas baratta, y que esta es mas Cara porcuia Razon seadquieren Condificultt^{d}. ofiziales p^{a}. quetrabajen en dha obra».

El mismo encarecimiento declara «fran^{co}. dela Cruz natural dela Puebla delos Angeles ofiz^{l}. de Canteria… …y dize este declarante que En Mex^{co}. y Puebla ganava, por ofiz^{l}., sinco R^{es} [ganaba 5 reales diarios en México y Puebla] porsser tierra baratta y en esta Ciu^{d}. gana Cada dia Catorze R^{s} [gana 14 reales diarios en Durango] p^{r} sser tierra mas Cara y haver dedistancia como ciento y sessenta Leguas de Mexico âquî…»[15]

El cuaderno de fábrica de 1784

En 1763, el obispo Tamarón y Romeral decía: «... es urgente tambien la dela Segunda Torre, para completar la Portada dela Puerta principal, que se dispuso con dos Torres asus dos lados la una q esta ya concluida, la otra esta levantada hasta la mitad, y le falta la otra restante, y para su uniformidad, y perfeccion insta se acabe de levantar, para igualarla con la otra...»[16]

No fue tan urgente. Pero desde 1784 se repitió la torre levantada por Joseph de la Cruz en el lado oriental y se remataron ambas torres de otro modo. El cuaderno de fábrica del mayordomo de la Catedral recogió las partidas; y el maestro Nicolás Morín llevó otro cuaderno menos detallado: *Quaderno perteneciente a la fabrica destinado para solo el fin del gasto, qe Ymbierte la nueba torre, para su constancia… En ella se recogía lo gastado y el modo de lo gastado en Ambas Torres según consta p^{r}. Menor de este quaderno...*[17]

Nicolás Morín estaba ya en Durango en 1766;[18] y en 1790 trabajaba en el retablo mayor de la Catedral de Chihuahua. Formó equipo con su hijo Ignacio Morín, como sobreestante, varios oficiales y unos seis peones (su número varió según pedía la obra). Desconocemos la condición de los Morín y su cuadrilla; aunque no faltarían mulatos e indios como en la primera torre. En el Cuaderno figuran también los proveedores de materiales y máquinas: José Antonio Navarrete abastecía de piedras duras; Guadalupe el Maderero suministraba los andamios y otras piezas; el Maestro Esteban, el hierro; Ignacio Estrada, carpintero; y el Maestro Sida, proveía herramientas y cubetas para la obra.

Los salarios no cambiaron demasiado desde la primera torre: Ignacio Morín, como sobreestante, cobraba 1 peso diario; y los peones, 3 reales diarios (a veces 2). No obstante, un oficial cobraba 6 reales diarios, la mitad o tercera parte del salario de 1715; quizá había más número. Los canteros cobraban a destajo.

A fines del siglo XVIII, al descubrirse minerales de oro y plata sobrevino una bonanza económica en Durango, con una fiebre constructora, que provocó un fuerte reajuste de precios. Los salarios se igualaron a los de la capital. *Architectura Mechanica conforme la practica de esta Ciudad de Mexico*, tratado de la segunda mitad del siglo XVIII, recoge algunos salarios: un oficial superior de albañil cobraba 6 reales diarios; uno bueno 5, el medio cuchara 4 y los peones 3 o 2,5 reales; los canteros trabajaban por día o a destajo. En el último caso, *le ade pagar según el conchavo de las piedras* (Schuetz 1987, 89). Los salarios no estaban lejos de Durango.

Otra empresa constructiva permite otras comparaciones. En 1786, el cabildo convocó un concurso para concluir fachada y torres de la catedral de México. Ortiz de Castro presupuestó el primer cuerpo en 45.000 pesos; el segundo en 24.000. Ante los sismos, en la torre se establecía un inteligente sistema de refuerzos, revelado al restaurarla, según testimonia Xavier Cortés Rocha (Cortés 2008, 113-116). Al año siguiente se calculó que la torre de Durango (y el cupulín de la torre vieja) había costado 6.352 pesos y 5 reales y medio: «…lo gastado en Ambas Torres según consta p^{r}. Menor de este quaderno ymporta la Cantidad de seis mil Tres cientos Zinq^{tta}. Y dos pesos cinco y medio rr^{s}». Es decir: los cuerpos de campanas en Durango costaron unas 10 veces menos que en México (con parecidos precios y salarios). Sólo el rango de Metropolitana justificaba tal diferencia.

Maquinaria y andamiaje

En los tres años de obra, Guadalupe el Maderero suministró los maderos para andamiajes; y construyó máquinas sencillas: como un *torno de mano para subir los materiales*.[19] Un dibujo coetáneo del Archivo de la Catedral, ilustra el torno usado a diario para ele-

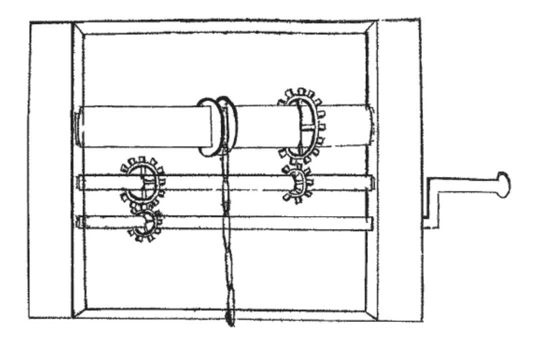


Figura 5
Calco de Torno Real. Archivo Histórico del Arzobispado de Durango

var y descender las grandes arañas de la nave; aunque sus engranajes eran cada vez más frecuentes, quizá no llegaban a los sencillos tornos de madera de obra. También suministró «Molinetes» con su «viguita»; una variante de cabrestante, usada en barcos para subir anclas (Rodríguez 2012, 81-82); permiten más y mayores manillas o brazos que en tornos, que crean mayor palanca. Y un variado muestrario de cuerdas; reatas —cuerdas o correas— para y calabrotes, —un cabo grueso—;[20] que provenían de México; aunque no siempre: como «…una reatilla para subir la Piedra a la torre por no aver benido la de Mxco que urxia». Las piedras izadas se desplazaban con «rastras de tablas»[21] y se colocaban con «cuñas de madera para sentar la canteria».

Primer cuerpo del 24 de octubre de 1784 a 26 de marzo de 1785: 5 meses

El 24 de octubre de 1784 comienza la obra con la entrega de José Antonio Navarrete de las piedras duras de mampostería. La mayor parte de las piedras blandas empleadas para la cantería decorativa se surtirían dos meses después: el 31 de diciembre, la «primer Ylada del Banco y la preparación para el acceso a su interior con dos salmeres para el Arquillo de la entrada de la torre».

Desde febrero de 1785, las pilastras —de proporciones muy anchas— figuran con el «Cargo de labrar doce bazas de los pilastrones; y continúan fabricándose a lo largo de los meses con: piedras de caña de pilar, mazizos de friso o entrecalles de chaflan»; así también, las piedras de esquina identificadas de distintas maneras para los macizos: «18 Esquinas de chaflan del basamento, 18 esquinas lisas para los mismos pilares, esquinas de chaflan, esquinas de entremuro, esquinas de las medianas, esquinas de Baza y Sobrebaza, esquinas lisas, esquinas de garabato, esquinas —medianas, chicas y lisas— de reguera».

La molduración muy simplificada que consigue un efecto poderoso en la lejanía fue suministrada medida en varas; como muestra: «8 baras de piedra para guarnición de molduras, 6 baras de ¼ de cornisón, 23 varas y ¼ de imposta para los Arranques ô asientos de los Arcos, y varas de piedra labrada de Ymposteria».

Segundo cuerpo del 26 de marzo a 17 de septiembre de 1785: 5 a 6 meses

A finales de marzo de 1785 se levantó la estructura para escalar al segundo cuerpo. Guadalupe el Maderero montaría los andamios en abril y se prepararon las reatas y reatillas suministradas localmente. El Maestro Esteban proporcionó «los guijos y tejuelos de fierro»; el maestro Sida, las cubetas; y el Maestro Carpintero, los «Morillos» —troncos[22]—, empleados para vigas o para yugos de las campanas; más tarde, «Ygnacio Estrada Carpintero» suministró «Molinetes», y cañas para empalmar y cortar morillos.

Entre marzo y principios de abril se colocó la piedra para el *Banco del segundo cuerpo*, y entre abril y junio, la obra avanzaría consolidando primero los macizos y los arcos de los campaniles: piedras labradas, sillares, «baras de alquitrave, o sesmas de Alquitrabe, esquinas de entremuro, piedras del segundo Banco, esquinas para el segundo cuerpo, ô segundo Banco, guarnición con moldura, Bazas de las esquinas, esquinas del segundo banco y esquinas para la parte ynterior de los Pilares, esquinas de junto a la columna y esquinas de tablero de rreguera y 99 Bolson.[s] de los Arquillos Campaniles (y después 27 bolsones de campaniles)», es decir, bolzores o dovelas, porque según el autor de *Architectura Mechanica* (Schuetz 1987, 99): «Bolzores ha de decir el maestro pero no Bolsones. Es termino de la canteria y assi me remito alos tratados de Montea, por lo que aquí se pone es lo que no esta en Libros de Architectura».

El segundo cuerpo presenta las mismas características que el anterior, pero sustituyen a las pilastras unas medias columnas achaparradas cuyo gasto figu-

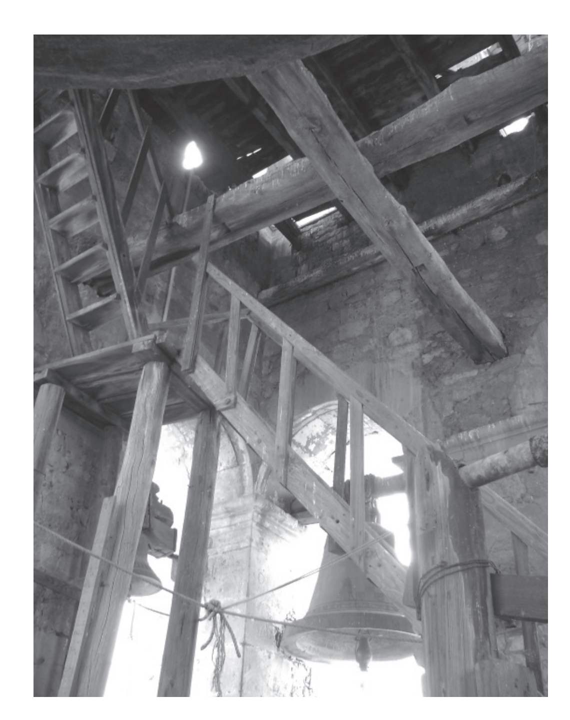


Figura 6
Interior de la torre. Catedral de Durango

ra en abril con una partida de 7 capiteles y desde junio: «basas de las columnas del segundo cuerpo, piedras de Coluna, piedra de caña de columnas, 12 Colunas con Oreja a 7 rr, y 12 capiteles».

En agosto, el cuaderno revela nuevamente el asiento de mampostería y cantería: «cuñas de madera para asentar la cantería, rastras de tablas, carretadas de mampostería y labrar cantera»; y en septiembre, la actuación sobre la línea de la imposta de los arcos y el entablamento: varas «de imposta, esquina de entremuro, 37 bolsones de los arcos, esquinas de tablero con moldura, 5 vars de sillar para las injutas, por labrar 12 piedras de coluna de la tapa, esquinas de entremuro, y alquitrave».

Tercer cuerpo del 1 de octubre de 1785 a mediados de febrero de 1786: 4 meses y medio

El último cuerpo, prácticamente idéntico al segundo, de dimensiones menores y columnas ligeramente ahusadas, comienza a construirse en la primera semana de octubre: «Banco del último cuerpo que labraron, guarnición del tercero banco del ultimo cuerpo, cornison para el tercer cuerpo, y piezas de bazas, esquinas de chaflan del Basamento, sillares para injutas y friso, esquinas de entremuro, esquinas de friso, cornison, esquinas de reguera, de chaflan, varias varas de ymposteria para guarniciones de los ojos campaniles; bolsones de los arcos del último cuerpo». Los Morilletes y morillos fueron requeridos a finales de octubre.

En noviembre consta el gasto de las columnas y el 24 de diciembre se paga por «12 capiteles q[e] labraron» y varias «varas de» Alquitrabe; entre enero y febrero se construyó el entablamento: «Alquitrabe, cornison, friso, esquinillas, vs de una cornisa de grueso y por cornisa grande. El sillar para las injutas de los arcos del ultimo cuerpo» se colocaría tardíamente el 15 de abril del siguiente año junto con las obras de los cupulines.

La continua subida de materiales obligó a obras de resano. Trabajando ya sobre el tercer cuerpo, el 26 de noviembre se suministró cornisón para el segundo cuerpo y el 10 de diciembre, «28 tableros del friso qe rrompieron los canteros, del Primer cuerpo». El 11 de febrero de 1786 se restituyeron 20 tableros de medias cañas del friso del segundo cuerpo; y el 23 de junio de ese mismo año: «Ygnacio Morín gano por 5 ds qe cuido la gente y resano la torre nueva». La torre vieja también se arregló una vez terminado su cupulín según el gasto de abril de 1787: «Remendar cornisas de la torre vieja».

Remate de la torre nueva de 18 de febrero a 22 de julio de 1786: 5 meses

El remate de las torres ideado por Morín era una cúpula octogonal con cuatro linternas («remates grandes») con pirámides y linternilla. La transición al cupulín se preparó con un sotabanco con «4 claraboyas del remate de la torre» y con pilastras en sus esquinas con sugerentes dibujos en sus guardamalletas y un goterón central destacado: «6 yladas de Pilastrilla à lamanilad.[s] para el sotabanco que recive la vobeda del remate de la torre».

Los remates grandes que recuerdan relicarios, con pirámide y terminadas en una bola, se construyeron con: «3 piedras de los remates grandes de las esquinas de la torre, varias varas de chaflan, de cornisita

de los remates grandes, más piedras de las claraboyas de los remates grandes, esquinas de soclo de los remates, y con bocelon de los mismos remates».

A finales de mayo y en junio se preparó la cimbra del cupulín: «Dos cruces de Madera que sepusieron en la torre nueba para sugetar la espiga de madera y una Armadura ochavada para formar la cimbra y el serchón para moldear la forma de la Bobeda, y cortar todos los mas Palos q^{e} an sido necesarios para formar la media Naranja» para la que fueron necesarios «10 viages de tierra para lodo de la forma de la Bobeda».

Unos haces de columnillas que evocan lejanamente los de la cúpula de San Pedro en Roma —según aparecían en láminas de la época— descansarían sobre un «Anillo con quiciera para la media Naranja: 8 pedestrales de lanternilla y sus Bazas para las columnas de la lanternilla», cada una con su entablamento y remate, y surtidos sus fustes en tercios distintos: primero «4 tercios de las colunas de la lanternilla entorchada de moldura, y más tarde tres columnas de tercio con collarin y escocias y piedras q^{e} acodillaron de cornisa, piedras de a 1/3 con collarin, piedras de pedestrales y tapas de columna, columnas de lanternilla, los tableros del pedestral».

A mediados de junio de 1786 se cubrió la cúpula con «200 cuñas de cerram^{to}. de la bobeda». La graciosa media naranja destacaba sus gajos con «ocho doz^{s} de Azulejos para la Bobeda y motilos con q^{e}. rematan los remates de las esquin^{s}». terminando en la parte superior con unos cuidados rizos: «roleos con q^{e}. rematan los bolsones de la bobeda».

Ese mismo mes, los cargos del maestro carpintero evidencian el montaje de los andamios en la torre vieja: «Por 4 laton^{s} para los Andamios de la otra Bobeda vieja», y materiales reutilizados: «Morillos viejos para la cimbra de media Naranja». También se cargó por «un torno de mano para suvir los materiales de la torre vieja… y por un carrillo para el segundo tiro de la torre vieja» y todas las piezas de cantería.

El 15 de julio de 1786, se pagó a «tres canteros q^{e} ayudaron medio dia a bajar la cruz de la torre vieja». Los conceptos a partir de esta fecha, señalan el recibimiento de las cruces y las estatuas de remate. Se pagó por «6 vs de Anillo o sotabanco con qe sale la vobeda qe recive la estatua de la torre nueba, por remates de 2/3 de alto con qe finaliza la lanternilla, Por una Piedrita del Anillo de la Bobedita ultima, Por la clave y peana de la estatua».

Dos estatuas de ángeles culminaron las torres. La «de la torre nueba costo 25 pesos» y fue emplomada: «Para emplomar la estatua di al Mro de la torre 24 tt de Plomo» y aderezada: «Por 12 hojas de lata qe di al Maestro Platero …xara para las Ynsignias de las estatuas de las dos torres»; las dos cruces fueron fabricadas por Esteban el Herrero según cargo de 12 de agosto de 1786: «Cargo por 8@5 livs de Yerro que di para las dos cruces de las dos torrs am.^{s} de 4@7 liv. Qe sobraron del bergazon de la cruz vieja; también se pagó Para dorar los remates de la cruz vieja de ½ livra de Albayalde».

Los trabajos fueron suspendidos en agosto de 1786 para atender otras obras del obispado y se reanudaron el 14 de abril de 1787«…se volvio a dar Principio a las torres por aver parado por la obra qe se hizo en el Colegio…», terminándose el 16 de junio de 1787: contra muchos pronósticos, la Catedral de Durango estaba concluida y con sus dos torres.

Notas

1. Archivo General de Indias (en adelante AGI), Guadalajara 63, *Carta del Obispo de la Nueva Vizcaya al Rey*, Fecha Doc. 13 de marzo de 1652.
2. AGI, Guadalajara 64, *Varias cartas y expedientes sobre la fábrica material de la Iglesia de Durango*, Fecha Doc. 10 de diciembre de 1694.
3. Archivos Históricos del Arzobispado de Durango. New Mexico State University (en adelante AHAD) –21, Años 1700-1701. Al final del siglo hacen arquitectura maestros de distintas castas. Véase por ejemplo Archivo Histórico del Gobierno de Durango, *Quaderno En que por método de Estado se apuntan los Géneros, Frutos ó Efectos que introducen ó venden diariamente los Indios, con expresion de sus nombres, valor y la Alcabala que ha dexado de cobrarse*, *Més de Septiembre de 1791*.
4. AHAD-21, Exp. 409, Año de 1700, en adelante.
5. Véanse Angulo (1933: II, 516) y González (2006, 20).
6. Navascués (1992, 99).
7. «…las altas, elegantes y esbeltas torres mexicanas están en el centro y en el norte del país, a diferencia del sur que, o carece de ellas, o son pequeñas y gruesas, como precaución ante posibles derrumbes por temblores de tierra.» (De la Maza 1961, 37).
8. Véase: Servicio Geológico Mexicano, «Sismología de México», http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/es/riesgos/sismos/sismologia-de-mexico
9. Declaraciones de Ignacio de Araujo Maestro fundidor de Campanas y Nicolás Bernal de Puga Maestro de he-

rrería, en AGI, Guadalajara 208, *Relaciones y Auto de lo que se ha de fabricar en la Iglesia Catedral*, Fecha Doc. 6 de febrero de 1715.

10. AGI, Guadalajara 558, *Testimonio del Ymbentario de la Santa Yglecia Cathedral de esta Ciudad de Durango... Fecho de Orden Del Yllmô* S^{r}. D^{tor}. D^{n}. *Pedro Tamarón y Romeral*, Fecha Doc. 16 de enero de 1762.
11. Véase: «Campana» en Espasa (X, 1196-1208).
12. Estrada de Gerlero (1986, 453-465).
13. AGI, Guadalajara 206, *Carta al Rey que acompaña la planta de la Nueva Iglesia Parroquial de San Felipe el Real de Chihuahua*, Fecha Doc. 22 de abril de 1726; Guadalajara 206, *Carta al Rey que acompaña la planta de la Nueva Iglesia Parroquial de San Felipe el Real de Chihuahua*, Fecha Doc. 17 de marzo de 1730. Trabajaría en Chihuahua hasta 1734, año en que fallece.
14. AGI, Guadalajara 208, *Relaciones y Auto de lo que se ha de fabricar en la Iglesia Catedral*, Fecha Doc. 6 de febrero de 1715.
15. AGI, Guadalajara 64, *Varias cartas y expedientes sobre la fábrica material de la Iglesia de Durango*, Fecha Doc. 12 de noviembre de 1695.
16. El Paso Library Special Collections Department. Texas University, (EPSC) - Libro VII, 18 de enero de 1763. También AGI, Guadalajara 556, *Demostracion deel Vastissimo Obispado de Durango*, Fecha Doc. 13 de marzo de 1765.
17. AHAD-90, Exp. 25, *Durango 24 de Orê de 1784. Quaderno perteneciente a la fabrica destinado para solo el fin del gasto, qe Ymbierte la nueba torre, para su constancia, y sigo esta qta por me... como se bera desde la bta de esta foja, y tamvien, lo qe se gasta en ...remate dela vieja torre*.
18. Del Hospital de San Juan de Dios, AGI, Guadalajara 325, *Testimonio de Cuentas del Hospital Real de esta Ciudad de Durango*, Folios 83 v-86v, Fecha Doc. Diciembre de 1766, y el de la casa de doña Feliciana Bravo, AHAD-21, Exp. 248, junio 26 de 1773.
19. Véase el Diccionario de las Nobles Artes (Rejón [1788] 1985). Grúa debe reservarse para máquinas con pescante móvil, con o sin torno incorporado (Lorda 1997).
20. Real Academia Española (1729, Tomo II).
21. Real Academia Española (1737, Tomo V).
22. Término usado en la arquitectura vernácula del noreste de México. También: Larguero o viga generalmente rolliza, sobre la que se clavan las tablas que forman el techo de las construcciones rústicas (Álvarez 2001, 454).

Lista de referencias

Álvarez Rodríguez, Gloria A. 2001. *Los Artesones Michoacanos*. México: Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo.

Angelillo, Maurizio (ed). 2014. *Mechanics of Masonry Structures*. Viena: Springer.

Angulo Iñiguez, Diego. 1933. *Planos de monumentos arquitectónicos de América y Filipinas del Archivo de Indias*. Tomo II. Sevilla: Laboratorio de Arte.

Blondel, François. 1675. *Cours d'architecture enseigné dans l'Académie Royale d'Architecture*. Vol. I. Paris: Lambert Roulland.

Capra, Alesandro. 1717. *La Nuova Architettura Civile e Militare*. Cremona: Nella Stamperia di Pietro Ricchini.

Cortés Rocha, Xavier. 2008. «José Damián Ortiz de Castro. Arquitecto de las torres de la Catedral de México». En *José Damián Ortiz de Castro: maestro mayor de la Catedral de México 1787-1793*. 109–124. México, D.F.: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuevas, P. Mariano, S. J. 1992. *Historia de la Iglesia en México*. Tomo IV. 6ª ed. México: Porrúa.

Chueca, Fernando. 1999. *La Catedral de Valladolid*, Madrid: Reverte**.**

De la Maza, Francisco. 1961. «La Catedral de Chihuahua». En *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*.Vol. 8, Núm. 30, 21-38. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Delmas, Juan. 1864. *Guía histórico-descriptiva del viajero en el señorio de Vizcaya*. Bilbao: Imprenta de Juan E. Delmas.

Espasa, Hijos de J. ed. *Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana*. Vol. X. Barcelona.

Estrada de Gerlero, Elena. 1986. «Altar mayor». En *Catedral de México. Patrimonio artístico y cultural.* México D. F.: Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología, Fomento Cultural Banamex.

García, Simón. 1681-1683. *Compendio de architectura y simetría de los templos: conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría recoxido de dibersos autores naturales y estrangeros por Simón García, architecto natural de Salamanca*.

Gómez Piñol, Emilio. 1983. «Las artes plásticas». En *Historia general de España y América: los primeros Borbones. América en el siglo XVIII*. Vol. 11-1. Madrid: Ediciones Rialp.

González Galván, Manuel. 2006. *Trazo proporción y símbolo en el arte virreinal; antología personal*. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Heyman, Jacques. 1997. *The Stone Skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture*. Cambridge: Cambridge University Press.

Jiménez Núñez, Alfredo. 2006. *El gran norte de México: una frontera imperial en la Nueva España (1540-1820)*. Madrid: Ed. Tebar.

Kruft, Hanno-Walter. 1994. *A history of architectural theory from Vitruvius to the present*. London: Princeton Architectural Press.

Lorda Iñarra, Joaquín. 1997. «Herrera y las grúas de la Basílica de El Escorial». En *Revista de Obras Públicas*. Núm. (144) 3367, 81-104. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Lorenzo de San Nicolás (O.R.S.A.) 1633. *Arte y uso de arquitectura*. Vol 1. Madrid.

Lorenzo de San Nicolás (O.R.S.A.) [1633] 1665. *Arte y uso de arquitectura*. Vol 2. Madrid.

Martínez Rodríguez, María Angélica. 1996. *Momento del Durango Barroco. Arquitectura y Sociedad en la Segunda Mitad del Siglo XVIII*. Monterrey: URBIS.

Molero Sañudo, Antonio Pedro. 2014. *La catedral de Puebla: historia de su construcción hasta la remodelización neoclásica de José Manzo y Jaramillo.* Tesis doctoral: Director José Luis Gutiérrez Robledo, defendida el 1 de octubre de 2014. Madrid: Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense.

Molina Álvarez, Daniel. 2007. *Campanas de México*. México: Impresiones Gama.

Navascués Palacio, Pedro. 1992. «Las Catedrales de España y México en el siglo XVI». En *Manuel Toussaint: su proyección en la historia del arte mexicano: coloquio internacional extraordinario*. 90-101. México: UNAM.

Perrault, Claude. 1673. *Les dix livres d'architecture de Vitruve*. Paris: Chez Jean Baptiste Coignard.

Real Academia Española ed. 1726-1739. *Diccionario de la lengua castellana, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con las phrases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua* [...] Madrid: Imprenta de Francisco del Hierro.

Rejón de Silva, Diego Antonio. [1788] 1985. *Diccionario de las nobles artes para instrucción de los aficionados y uso de los profesores / por Diego Antonio Rejon de Silva*. Murcia: Consejería de Cultura y Educación de la Comunidad Autónoma.

Rodríguez Crespo, Joaquín. 2012. *Descripción y anatomía de un galeón de 90 cañones*. Madrid: Cultiva Libros.

Scamozzi, Vincenzo. 1615. *L'idea della architettura universale*. Vol. 1, Venecia : Presso l'autore.

Schuetz, Mardith K. 1987. *Architectural practice in Mexico City: a manual for journeyman architects of the eighteenth century* (translated, with an introduction and annotation by Schuetz, M. K.) Tucson: University of Arizona Press.

Toussaint, Manuel. 1954. *La Catedral y las Iglesias de Puebla*. México D.F.: Editorial Porrúa.

Vallebueno Garcinava, Miguel y R. Durazo Álvarez. 2013. *Durango 450, Conservación de un Patrimonio Histórico*. Durango: Gobierno del Estado de Durango.

Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana: nexo entre historia, cultura y patrimonio

Vivian Mas Sarabia

La Habana Vieja y su Centro Histórico declarado Patrimonio Mundial en 1982, evoca a la conservación de un inestimable conjunto edificado, espacios públicos y ambientes enriquecidos por un sugestivo paisaje circundante. Si a ello se suman elevadas necesidades culturales, especialmente aquellas relacionadas con la preservación del patrimonio y la identificación con la historia y la identidad de la nación, urge «dar prioridad a la cultura y a la educación, porque ambas son el camino para transformar al ser humano y con este a la sociedad».[1]

De allí la razón fundamental del Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana, institución nacida en el año 2007, que tuvo su génesis en 1728, cuando fue creada la Universidad de La Habana en Cuba. En la actualidad se estudia en dicho recinto la carrera Preservación y Gestión del Patrimonio Histórico Cultural que tiene como punto de partida:

- La conciencia compartida mundialmente de la necesidad de salvar el patrimonio que identifica y valora al ser humano en su diversidad y comunión histórica y cultural.
- La experiencia acumulada en Cuba respecto al trabajo patrimonial durante el siglo XX, especialmente la que en el Centro Histórico de la Ciudad de La Habana se desarrolló a partir de los años 80.

En la ponencia, se da a conocer la historia del Colegio y su programa académico, que contempla entre las asignaturas de su currículo, aquellas relacionadas con la Historia de la Construcción y la Arquitectura, el Patrimonio Arquitectónico y la Gestión y Preservación de los Centros Históricos, entre otras. Es de destacar la incorporación de la Asignatura Electiva: Estudio y significado del Patrimonio Vernáculo, a impartir por primera vez en el país.

Desarrollo. Breve historia de una ciudad

Siglo XVI

En la primavera de 1514, en la costa sur occidental de Cuba, se establece el primer asentamiento de San Cristóbal de La Habana. Pánfilo de Narváez funda la villa por orden del Adelantado Diego Velázquez. Entre los años 1519 y 1524 ocurre el traslado y definitivo asentamiento (figura 1), en la bahía conocida como Puerto de Carenas.

En 1558 comienzan los trabajos de construcción del castillo de la Real Fuerza, concluidos hacia 1577 y hacia 1566 se inicia la construcción de la Zanja Real considerada la obra de interés público más importante en el siglo XVI en La Habana,[2] concluida en 1592.

La Plaza Mayor se convierte en Plaza de Armas en 1584 y a partir de esta fecha, se realizaron de manera regular ejercicios militares en ese espacio. La necesidad de una nueva zona que reemplazara las funciones de la antigua Plaza Mayor determina la creación de la Plaza Nueva en 1587.

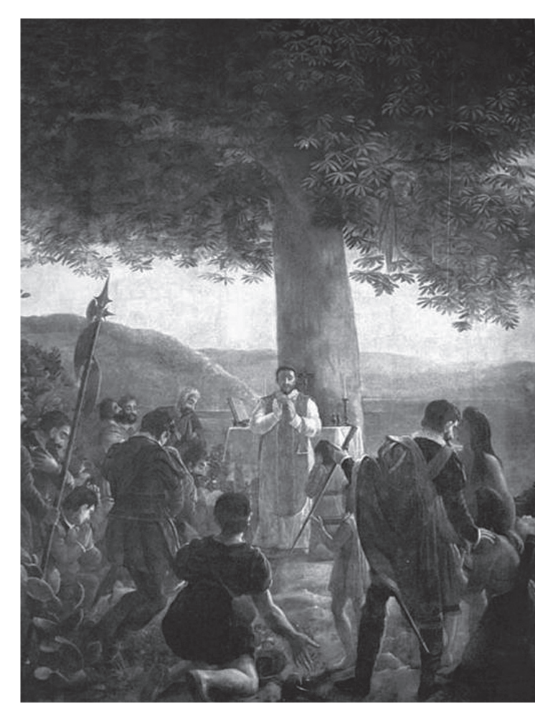


Figura 1
Fundación de la villa San Cristóbal de La Habana en 1519, lienzo pintado por J.B. Vermay

En 1588 una Real Orden dispone la construcción del fuerte de San Salvador de la Punta, iniciándose las obras en 1590. En el año 1589 fue colocada la primera piedra del Castillo de Los Tres Reyes Magos del Morro (figura 2). Esta fortaleza, junto con la de La Punta, se concluyó hacia 1630.

Casi al finalizar el siglo, en 1592, La Habana recibe el título de Ciudad, otorgado por el rey Felipe II.

Lo que marcó definitivamente los destinos de la naciente población fue su excelente puerto y su cercanía a la corriente del Golfo, propiciadora de la navegación no solo con las tierras continentales, sino sobre todo del viaje transoceánico de regreso a Europa.

Siglo XVII

En la temprana fecha de 1607, un Real Decreto reconoce a La Habana como la capital de Cuba.



Figura 2
Castillo de Los Tres Reyes Magos del Morro

El siglo XVII se destaca por las actividades hospitalarias y educacionales de nuevas iglesias y conventos (San Agustín, Espíritu Santo, La Merced, San Francisco de Paula, Convento de Santa Clara, Santo Cristo del Buen Viaje, Hospital de San Juan de Dios, entre otros) que se instalaron en la periferia, siguiendo sus normas de retiro y humildad.

En el año 1674 empieza a construirse la muralla alrededor de la ciudad, que se concluye a finales del siglo XVIII.

Siglo XVIII

En este siglo también se fundan importantes instituciones que van a acentuar la vida social del país. En 1725 se crea el Real Seminario de San Carlos y San Ambrosio y en 1728 queda instituida la Real y Pontificia Universidad de San Gerónimo de La Habana (figura 3) en el convento de San Juan de Letrán, que más adelante se abordará con mayor profundidad.

El año 1748 marca la construcción de la iglesia de los jesuitas, luego sede de la Parroquial Mayor (1772), exaltada a Catedral en 1787.[3]

Durante 11 meses La Habana es tomada por los ingleses (1762). Con una población de 70.000 habitantes, la ciudad cuenta con diez conventos, seis iglesias, cuatro ermitas, dos colegios, un oratorio y una universidad. Quedó demostrada la vulnerabilidad de su sistema defensivo, por lo que comienza la construcción de una nueva fortaleza: San Carlos de la Cabaña, concluida en 1774.

Muy cercanos uno del otro y construidos en las inmediaciones de la Plaza de Armas, se levanta en



Figura 3
Real y Pontificia Universidad de San Gerónimo de La Habana

1772 la Casa de Correos o Palacio del Segundo Cabo y en los terrenos donde estuvo la Parroquial Mayor, se edifica el Palacio de los Capitanes Generales, concluido en 1791.

Siglo XIX

En 1827, la población de La Habana cuenta con 100.000 habitantes y al año siguiente, 1828, en el lugar donde la tradición establece la celebración de la primera misa y cabildo, se erige el edificio neoclásico conocido por El Templete que fuera consagrado en misa solemne por el Obispo Espada.

Entre los años 1834-1838 se embellece la ciudad, al construirse nuevas edificaciones, teatros, plazas y paseos. Este plan fue diseñado por el capitán general Miguel Tacón, considerado un verdadero reformador de obras públicas.

La población sobrepasa los 140.000 habitantes en 1850. La ciudad crece y la urbanización extramuros se extiende hasta la calzada de Galiano y el área urbanizada asciende a 4 km^2. El año 1861 deja ver las primeras Ordenanzas de Construcción Municipales para La Habana.

En 1863, son demolidas casi en su totalidad las murallas que ceñían la ciudad antigua. Para esta fecha el mayor número de habitantes se encuentra en el área de extramuros. La urbanización continúa hacia el oeste, hasta alcanzar la calzada de Belascoaín, llegando el área urbanizada a 7 km^2. La población extramuros se calcula en 170.000 habitantes, hacia 1870.



Figura 4
Capitolio Nacional de Cuba

Se concluye el acueducto de Albear, en 1893, instalación que dotaría a La Habana de abundante agua. Es considerada la mayor obra de ingeniería civil en Cuba hasta ese momento y aún hoy se encuentra en funcionamiento.

Siglo XX

Iniciada la república, en 1902, el ritmo de crecimiento de la ciudad se torna vertiginoso.

En 1929 concluye la construcción de todo un símbolo de la época y lo mejor del eclecticismo de la ciudad: el Capitolio Nacional (figura 4), que sería destinado para sede del Congreso de la República.

Entre los años 1925 y 1930 el urbanista francés Jean C. N. Forestier, diseña los centros cívicos principales y redistribuye los corredores urbanos. Sus propuestas urbanísticas para el Paseo del Prado, la Universidad y el Malecón fueron la espina dorsal del plan.

Se declara, en 1944 la antigua ciudad intramuros como «zona de excepcional valor histórico y artístico». Se realizan las primeras obras de restauración. Paradójicamente entre 1952 y 1956 ocurre la demolición del antiguo convento de Santo Domingo, sede de la primera universidad habanera hasta 1902.

El plan de ordenamiento urbano dirigido por el urbanista catalán José Luís Sert, en 1956, proponía la

destrucción de gran parte del Centro Histórico y la sustitución de su trama por una estructura de avenidas y construcciones en altura. El territorio se ponía en función del turismo, manteniendo apenas algunos monumentos representativos del periodo colonial. Por suerte dicho plan no fue ejecutado en La Habana Vieja y hoy se puede contar con valiosos edificios.

Hacia 1978 el Centro Histórico y su sistema de fortificaciones son declarados Monumento Nacional. En 1981 el Estado cubano asigna un presupuesto para la rehabilitación del Centro Histórico, dando comienzo al primer Plan Quinquenal de Restauración, bajo la conducción de la Oficina del Historiador.

El Comité del Patrimonio Mundial, reunido en París, acuerda declarar a La Habana Vieja y su Sistema de Fortificaciones, Patrimonio Mundial en 1982 y 11 años más tarde, en 1993 el Decreto-Ley 143 amplía la autoridad y personalidad jurídica de la Oficina del Historiador y declara al Centro Histórico, Zona Priorizada para la Conservación. La institución posee capacidad para planificar y gestionar integralmente el desarrollo del territorio, pero hacía falta preparar profesionales competentes que pudieran actuar integralmente sobre el patrimonio, garantizando su pervivencia.

En consecuencia, se estructuró la carrera *Preservación y gestión del patrimonio histórico-cultural*, con la premisa de formar al personal que laboraba en la Oficina del Historiador, para poder preservar la herencia material y espiritual resultante del quehacer humano y su actuación sobre el medio, transmitida y conservada por generaciones sucesivas.

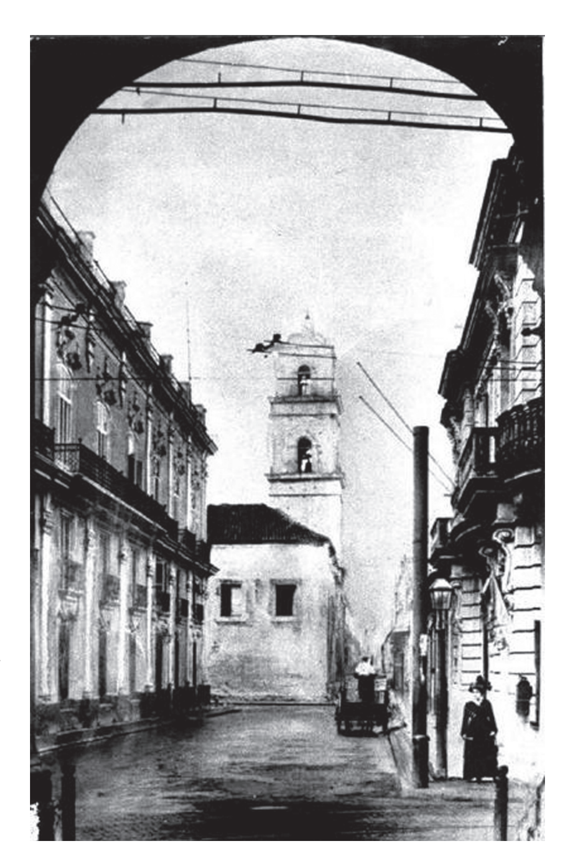


Figura 5
Convento de San Juan de Letrán, obsérvese la torre campanario que sobresale del conjunto

Historia de la Universidad de la Habana. Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana

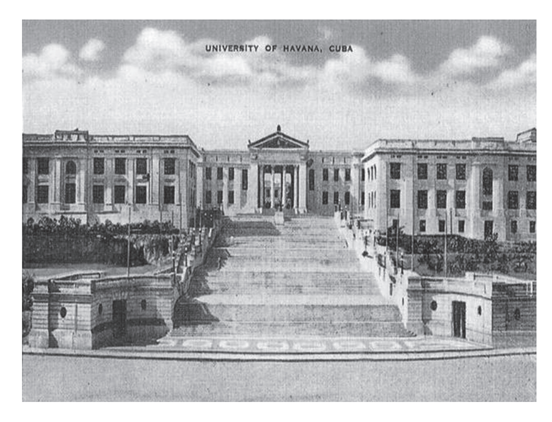
Primera etapa

En 1578 quedó fundado el convento de San Juan de Letrán de la Orden de Santo Domingo, pero fue en el siglo XVIII que su construcción alcanzó plenitud, destacándose por la maciza arquitectura de piedra que caracterizó el conjunto y la torre campanario que despuntaba a distancia (figura 5).

Allí establecieron los padres dominicos la Real y Pontificia Universidad de San Gerónimo en 1728, aprobada por Real Cédula del Rey Felipe V de España, creándose la primera universidad cubana. En el acto de inauguración se nombró a fray Tomás Linares del Castillo como el primer rector, quien a partir de ese momento regiría las primeras facultades: Arte y Filosofía, Teología, Cánones, Leyes y Medicina.

Segunda etapa

Tras un proceso de reformas, la Universidad de San Gerónimo de la Habana pasó a ser una institución laica, y en 1850 cambia el nombre por «Real y Literaria Universidad de La Habana». En esta segunda etapa se profundizó el desarrollo científico en la Universidad. Con tal objetivo se fundó el Museo de Historia Natural y el Jardín Botánico Nacional pasó a ser



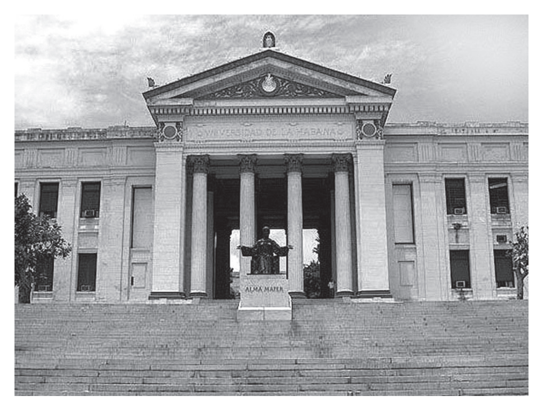


Figura 6
La Universidad de La Habana en la colina, 1902

regido por la institución. Para ese entonces la enseñanza contaba con las facultades de Jurisprudencia, Medicina, Cirugía y Farmacia.

Figuras como Carlos Manuel de Céspedes, Antonio Bachiller y Morales, Felipe Poey, Francisco de Arango y Parreño, pasaron por sus aulas. Ellos contribuyeron a forjar un pensamiento nacional autóctono que devino compromiso para las nuevas generaciones.

A finales del siglo XIX se instalaron en el edificio diferentes dependencias de educación y otras entidades civiles. Al cese de la dominación española en la isla, la universidad permanecía en la sede, hasta que en el año 1902 se trasladó a la colina, sitio que ocupa actualmente en el Vedado (figura 6). Por último, el vetusto convento fue abandonado y pasó a casa de vecindad.

En 1916 fue vendido en pública subasta para erigir un nuevo edificio que abarcara la enorme parcela. El antiguo monasterio se demolió por etapas (figura 7), para construir un edificio comercial que quedó inaugurado en 1958, con un helipuerto en la azotea que nunca entró en funcionamiento. En 1959 se instaló allí el Ministerio de Haciendas hasta 1966, y poco después se convirtió en la sede del Ministerio de Educación (figura 8), que lo ocupa hasta finales de la década del 90,[4] del siglo XX.

En el año 2000 se decide ejecutar un nuevo proyecto en el histórico lugar. La obra emprendida por los especialistas de la Oficina del Historiador debía culminar en un importante inmueble, tecnológicamente preparado para responder a las exigencias del mundo empresarial moderno. Finalmente se decidió convertir al edificio en la sede del Colegio Universitario, como una facultad que forma parte de la Universidad de La Habana. La obra entró en ejecución



Figura 7
Demolición del antiguo Monasterio



Figura 8
Sede del Ministerio de Educación. Década de los 90', siglo XX



Figura 9
Inauguración del Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana. Primer curso 2007-2008

en el año 2003 y desde su inauguración se encuentra en funcionamiento (figura 9), impartiéndose en su recinto la carrera Preservación y Gestión del Patrimonio Histórico Cultural.

La imagen exterior del mismo se vio renovada con criterios contemporáneos, además de asumir una reconstrucción que recrea algunos elementos significativos del antiguo convento, como homenaje al monu-

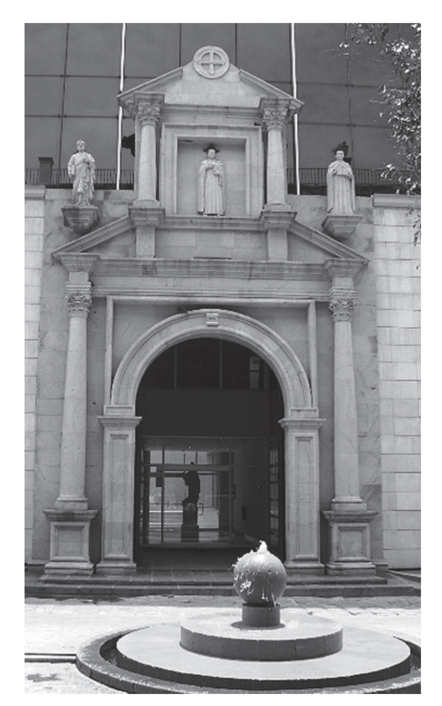




Figura 10
Reproducción con criterios contemporáneos de la portada del antiguo convento

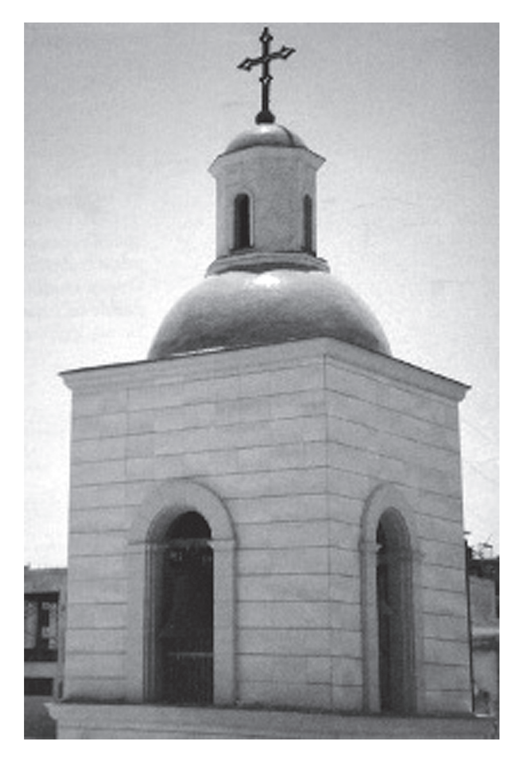



Figura 11
Reproducción de la torre

mento demolido y a la primitiva universidad. Por ejemplo, el pórtico que delimita la fachada por la calle Mercaderes (figura 10), se reprodujo siguiendo documentos de la época, al igual que la torre del conjunto (figura 11).

Al decir del Dr. Eusebio Leal, Maestro Mayor del Colegio, «la institución vendrá a desarrollar el pensamiento científico en torno al patrimonio cultural e histórico. Los trabajadores de la Oficina encontrarán una plataforma académica de excelencia para todo tipo de cursos de posgrado, y vendrán de otros sitios del país aquellos interesados en nuestra experiencia como praxis y gnosis. La práctica y el conocimiento irán de la mano en esa Alta Casa de Estudios que pretendemos se constituya en una fuente inagotable de sabiduría».

La carrera, concebida inicialmente para trabajadores de la Oficina del Historiador, y en la actualidad extendida también para aquellas personas que trabajen en cualquier institución cultural, tiene entre sus objetivos fundamentales:

– Dotar a los egresados de una formación básica general que le permita dar respuesta a los problemas que la sociedad demanda en la protección del Patrimonio Histórico-Cultural.
– Formar a los egresados en los perfiles esenciales para el trabajo de la preservación y gestión patrimonial.
– Diseñar y aplicar estrategias coherentes encaminadas a la conservación del patrimonio histórico-cultural, a partir de los conocimientos científicos y técnicos adquiridos.

Entre las disciplinas principales del plan de estudio, se destacan la de *Procesos culturales de la humanidad*, *El patrimonio y su conservación*, *Patrimonio histórico-cultural cubano*, *Patrimonio urbano*, *La arqueología en el patrimonio*, *Comunicación social y preservación y gestión integral del patrimonio*,[5]que es la Disciplina Principal Integradora y coincide esencialmente con la actividad laboral e investigativa



Figura 12
El 5 de enero de 2011, el Dr. Eusebio Leal, conmemorando un aniversario más de la fundación de la primigenia universidad

de los estudiantes. Se desarrollará a lo largo de toda la carrera y está orientada a crear habilidades que integren los contenidos de las demás disciplinas, en correspondencia con los objetivos de cada año académico. A través de las diferentes asignaturas los estudiantes lograrán adquirir habilidades para identificar, valorar, preservar y gestionar integralmente el patrimonio histórico-cultural de los centros históricos y zonas urbanas protegidas.

El estudio de los procesos culturales de la humanidad como parte indispensable de la formación de un profesional en la esfera de la preservación del patrimonio, introduce a los alumnos en el conocimiento de la historia universal y de los legados artísticos y culturales del hombre a lo largo de sus diversos períodos. Esta disciplina integra e interrelaciona diferentes materias como base de conocimientos en torno a los procesos de desarrollo de la creación humana.

El Patrimonio y su Conservación, trabaja con los conceptos de patrimonio, su integración y los instrumentos para su protección legal. También aporta conocimientos acerca de la conservación del patrimonio con la base científico-técnica necesaria, ya que en la actualidad la actividad de conservación combina los elementos culturales, artísticos e históricos inherentes a todo bien mueble e inmueble, con las nociones básicas de la química, la física, la biología y otras ciencias auxiliares. Esta disciplina fomentará las habilidades necesarias para la conservación de los bienes y de las áreas urbanas patrimoniales.

Es de destacar aquellas asignaturas relacionadas con la Historia de la Arquitectura y de la Construcción, la Conservación y el Diagnóstico de Bienes Inmuebles, Materiales y Patologías, entre otras, donde el estudiante conoce el desarrollo de las civilizaciones hasta llegar a nuestros días y el origen y evolución de los materiales de construcción, con una visión general sobre el devenir social, político y cultural, a través del conocimiento de la historia, la literatura y las artes plásticas.

Para el diseño de la asignatura «Estudio y significado del Patrimonio Vernáculo»[6] se tomaron, como punto de partida, los presupuestos del Plan de Estudios de la carrera y los requerimientos del programa de la disciplina «El Patrimonio y su Conservación» de la cual forma parte.

Entre los objetivos generales y los contenidos básicos de la asignatura electiva, se destacan aquellos que propician un acercamiento al patrimonio vernáculo en sus diversas manifestaciones, con el propósito de que los estudiantes lo valoren e identifiquen como parte de su identidad nacional, además de favorecer la adquisición de conocimientos por sí mismos, con una adecuada comunicación oral y escrita, mediante el trabajo colectivo como instrumento para un enfoque más adecuado de las tareas académicas orientadas, mejorándose tambiénlas relaciones interpersonales.

Conclusiones

El nexoentre historia, cultura y patrimonio, se puede apreciar en todo el proceso de enseñanza del Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana. La concepción de la carrera Preservación y Gestión del Patrimonio Histórico Cultural, se inserta en el debate internacional sobre los programas de formación académica del gestor del patrimonio. Como tendencia predomina actualmente la formación de profesionales desde múltiples disciplinas, en el interés de reafirmar el carácter transdisciplinar que requiere el abordaje de este campo profesional, siendo empeño del Colegio la educación patrimonial de los grupos humanos, especialmente de aquellos que habitan, estudian y trabajan en el Centro Histórico, como premisa y sostén de su intervención restauradora y preservadora.

Todo lo anterior expresa la necesidad y posibilidad de sistematizar los conocimientos y experiencias ad-

quiridas, asimilar y aplicar adecuadamente los resultados del desarrollo científico-técnico nacional e internacional, así como preparar profesionales competentes que puedan actuar integralmente sobre el patrimonio, garantizando su pervivencia.

El Dr. Eusebio Leal, en un aniversario de fundación de la primigenia universidad, afirmaba: «pienso en Roig y su sueño de una Habana preservada para las generaciones venideras. Evoco su lucha y constante esfuerzo para salvaguardar los bienes y tradiciones que nos pertenecen como habaneros y como cubanos. Entonces siento que me ha sido concedido un privilegio a otros negado por diversas circunstancias» (figura 12).

Notas

1. Abel Prieto Jiménez, intelectual cubano y asesor del Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, en el XIII Congreso de Extensión Universitaria. Palacio de las Convenciones, Cuba. 3 de Junio 2015.
2. . http://www.planmaestro.ohc.cu/index.php/la-ciudad-historica. Tomado de Cronología de la Ciudad.
3. http://www.planmaestro.ohc.cu/index.php/ Tomado de Cronología de la Ciudad.
4. http://www.opushabana.cu/index.php/noticias/571-refundaran-primigenia-universidad-en-la-habana-vieja.
5. http://www.sangeronimo.ohc.cu/carrera. Estos documentos se pueden consultar en la página web del Colegio.
6. Mas Sarabia, Vivian y Diana Mondeja González. «Organización de los contenidos en una asignatura electiva. Estudio y significado del Patrimonio Vernáculo». Ponencia presentada en *XII Jornadas Técnicas de Arquitectura Vernácula*. La Habana, Cuba. Marzo 2015.

Lista de referencias

Horruitiner, P. 2006. *La Universidad Cubana: el modelo de formación*. La Habana: Editorial Félix Varela.

ICOMOS. 1999. *Carta del Patrimonio Vernáculo Construido*. Recuperado de http://www.international.icomos.org/charters/vernacular_sp.pdf.

Mas Sarabia, Vivian y Diana Mondeja González. «Organización de los contenidos en una asignatura electiva. Estudio y significado del Patrimonio Vernáculo». En *XII Jornadas Técnicas de Arquitectura Vernácula*. La Habana, Cuba. Marzo 2015.

Modelo 2007.*Modelo del Profesional Graduado en Preservación y Gestión del Patrimonio Histórico-Cultural*. La Habana: Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana. Universidad de La Habana.

Prieto Jiménez, Abel. 2015.*XIII Congreso de Extensión Universitaria*. Palacio de las Convenciones, Cuba. 3 de Junio 2015.

Programa 2007. *Programa de la Disciplina El Patrimonio y su Conservación. 2007. Carrera Preservación y Gestión del Patrimonio Histórico Cultural*. La Habana: Colegio Universitario San Gerónimo de La Habana. Universidad de La Habana.

Recuperado de http://www.planmaestro.ohc.cu/index.php/la-ciudad-historica. Tomado de Cronología de la Ciudad

Recuperado de http://www.opushabana.cu/index.php/noticias

Recuperado de http://www.sangeronimo.ohc.cu/carrera

Taboada, Daniel. 2014. *De lo vernáculo en la arquitectura. Revolución y Cultura*, 3 [Época V], 36-41. Recuperado de: http://www.ryc.cult.cu/

Evolución de la estructura de los templos monásticos novohispanos del siglo XVI

Roberto Meli Piralla
Natalia García Gómez

El propósito principal de este trabajo es estudiar el proceso de transferencia, adaptación y evolución que experimentaron los patrones arquitectónicos y las técnicas de construcción que fueron traídas de España, a medida que los colonizadores y los frailes se iban adaptando a las condiciones sociales y geográficas que encontraron en la Nueva España. A la par, los obreros y artesanos indígenas iban asimilando las nuevas técnicas de construcción y los patrones culturales y religiosos asociados a estas obras, e iban introduciendo en las edificaciones algunos elementos de su propia cultura y tecnología. El énfasis se pone en los aspectos tecnológicos y en particular, en la valoración de la manera en que la intensa actividad sísmica afectó notablemente a las primeras construcciones influyó en este proceso evolutivo.

Objetivos más específicos de estudio han sido, por una parte, analizar cuál era el nivel de conocimiento que había en esa época sobre cómo dar a las edificaciones la seguridad estructural necesaria, en particular ante los efectos sísmicos que son significativos en gran parte de los sitios donde se edificaron los conjuntos monásticos y, por otra, si puede demostrarse que se introdujeron cambios en las construcciones a medida que aumentaba la experiencia de los constructores sobre los daños y los colapsos que éstas sufrían por efecto de los frecuentes sismos.

Contexto histórico y arquitectura de los templos monásticos

Los conjuntos monásticos construidos fuera de las ciudades, en los llamados *pueblos de indios*, son los que mejor permiten analizar los factores que influyeron en el nacimiento de la arquitectura mexicana, y de la práctica constructiva correspondiente. Estas construcciones están ligadas al proceso de evangelización de la población indígena que inició formalmente en 1524 con la llegada de los primeros doce franciscanos; sumándose a ellos los dominicos, dos años después; y finalmente en 1533, los agustinos. Para 1530 había cerca de 160 frailes en la Nueva España y en las últimas décadas del siglo se alcanzó entre las tres órdenes el máximo de cerca de 800 frailes.

La secuencia temporal de construcción de los edificios de las órdenes mendicantes en *pueblos de indios* puede establecerse, de manera muy simplificada, como sigue: hasta 1526 sólo hubo albergues provisionales con techo de paja; entre 1526 y 1540 se dieron capillas abiertas aisladas, así como las primeras iglesias techadas, edificios muy sencillos, compuestos por tres naves con techos de madera, apoyados en columnas de madera y muros de adobe o cal y canto (figura 2). Las capillas abiertas permanentes se dan entre 1535 y 1575, y los grandes templos de una nave de los conjuntos conventuales se construyen



Figura 1
Pintura de los doce primeros frailes franciscanos en el convento de Huejotzingo Puebla.

casi todos después de 1550. Estos conjuntos sirvieron a la política de concentración de la población indígena establecida por la corona española para mejor control de la misma y mejor disponibilidad de la mano de obra. Esta concentración propició la difusión de epidemias que alteraron de manera importante los planes de los mendicantes para la construcción de conventos.

Los conjuntos monásticos están en un predio de grandes dimensiones, comprendido entre 5.000 y 1.000 m^2. Gran parte estaba destinada al atrio, ubicado al frente del convento y del templo, donde se efectuaba al descubierto la mayor parte de las actividades de los frailes con los indígenas. Este espacio abierto era una explanada cercada, a la que se accedía por tres puertas; en sus esquinas tenía cuatro capillas posas para las procesiones y una cruz atrial entre la portada de la iglesia y la entrada principal. Aunque no siempre es posible encontrar todos estos componentes en un mismo conjunto conventual, son ele-

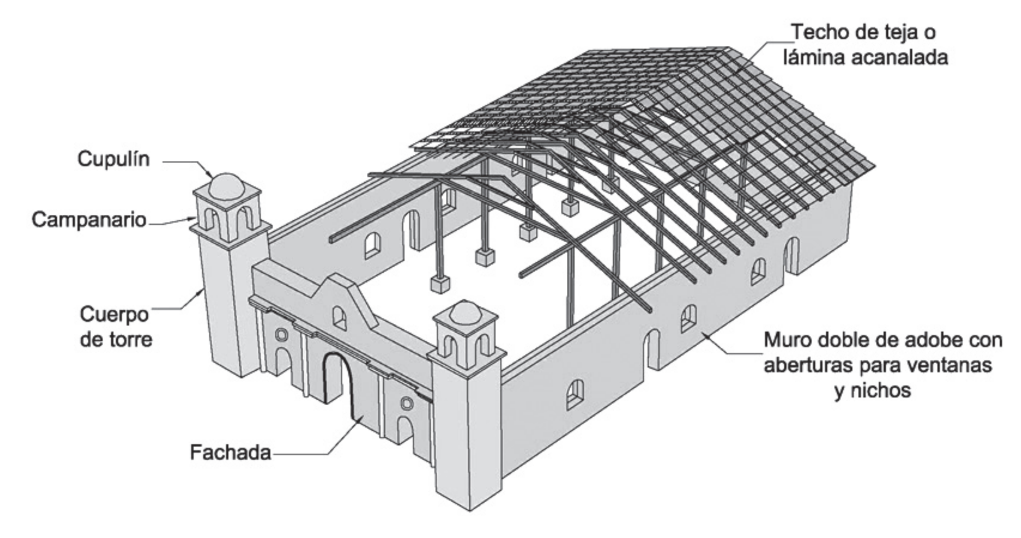


Figura 2
Templo de época temprana con cubierta de madera

mentos que los distinguen y que no tienen precedentes en otras regiones del mundo (Kubler [1948] 2012, 381-82).

El templo generalmente está ubicado en el muro norte del convento, aunque a veces se encuentra al costado sur, sobre todo en regiones de clima caluroso; es un edificio caracterizado por su sencillez y austeridad; no obstante, hay muchos ejemplos de arquitectura de gran refinamiento, gracias a la experiencia constructiva adquirida por los frailes o por la participación de arquitectos profesionales, sobre todo después de 1550. La forma dominante es la nave única y estrecha, con el efecto visual en su interior de un largo túnel, recto y poco iluminado. Está compuesto por tres partes: un coro alto en la entrada principal, la nave para los fieles y el presbiterio (figura 3). Sus muros son altos, de grandes espesores y provistos de robustos contrafuertes, dispuestos en forma más o menos regular. Estos elementos soportan el empuje de los sistemas de cubiertas abovedados que en su mayoría son de cañón corrido, con ventanas abajo del arranque; sólo algunos tienen bóvedas de nervaduras que los cubren en parte o en su totalidad. Algunos templos tuvieron inicialmente techumbres de madera, muchas de las cuales fueron cambiadas debido al desgaste natural del material, a los incendios o a la preferencia por materiales no perecederos que reflejaran la prosperidad del lugar.

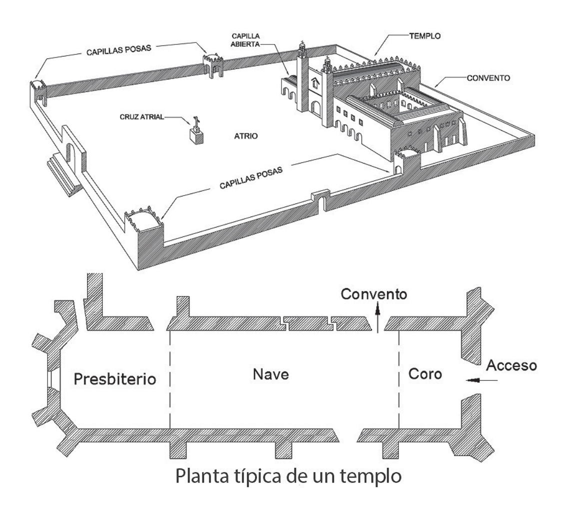


Figura 3
Organización típica de un conjunto conventual y de su templo

Los contrafuertes son particularmente notables en la fachada lateral opuesta al convento, o sea casi siempre del lado norte; en la fachada contrapuesta se contaba con el apoyo proporcionado por los muros del convento, arriba de los cuales se colocaban tramos de contrafuertes rectos o, en ocasiones, en forma de arcos arbotantes. Estos elementos de contrarresto eran necesarios, dado que la altura de la pared lateral del templo era superior al convento, salvo en muy pocas excepciones.

Materiales y transferencia de la tecnología constructiva

En la construcción de los primeros templos se emplearon prevalentemente materiales tradicionales, como el adobe o el bahareque para las paredes, y la madera o la caña para la techumbre, con el tejamanil para el recubrimiento de impermeabilización de los techos. En la edificación formal, el material dominante fue la piedra, al igual que en la construcción prehispánica, principalmente en la modalidad de calicanto. Esta mampostería de conglomerados de piedras sin labrar unidas con mortero, fue la más utilizada hasta antes del tercer cuarto de siglo (Kubler [1948] 2012, 420), cuando el alto costo de la cal propició la preferencia por el uso de la piedra utilizando técnicas de estereotomía, sobre todo en los claustros.

El examen de las construcciones de la colonia pone en evidencia que algunas de las técnicas de construcción europeas fueron adaptadas a las condiciones locales, con miras, principalmente, a minimizar el empleo de herramienta y equipo, y a hacer máximo el uso de la mano de obra poco calificada. El aligeramiento de la mampostería con el empleo de piedra volcánica porosa (tezontle) fue adoptado con entusiasmo por los españoles, principalmente porque permitía mayor velocidad de construcción, además de que reducía los problemas de hundimientos en suelos blandos. Los contrafuertes de tierra apisonada y adobes, recubiertos de sillares de piedra, a la manera de las pirámides y plataformas prehispánicas, son ejemplos de incorporación de procedimientos prehispánicos a la construcción virreinal; esta solución se encuentra, por ejemplo, en los muros que sostienen la nave de los templos en Huejotzingo. También proviene de la construcción

prehispánica el empleo de juntas de mortero rejoneadas para defenderlas de ser lavadas por el escurrimiento del agua de lluvia (Cómez 1989, 93-4). Fue común que se aprovecharan las piedras de los templos prehispánicos para la construcción de sus nuevos templos, para los cuales, en ocasiones se daba preferencia a sitios donde había habido construcciones prehispánicas y utilizar al menos parcialmente sus cimientos.

Evolución de los templos por las experiencias de los sismos

En este capítulo se tratará de dilucidar en qué medida, y cómo, la conciencia y la experiencia del riesgo sísmico al que estaban sometidas sus construcciones, influyeron en la arquitectura y en las técnicas de construcción de los edificios conventuales. Es decir, el objetivo es identificar si la evolución de las construcciones conventuales hacia un mayor refinamiento tecnológico y artístico, también se dio en cuanto a los aspectos de seguridad estructural generando construcciones cada vez más seguras y más adecuadas a las condiciones de peligro sísmico de las distintas regiones de la Nueva España. La prudencia de los primeros constructores para definir las formas y proporciones de las edificaciones en los conventos en pueblos de indios condujo, presumiblemente, a que el desempeño de éstos ante los sismos fuese más favorable que el de los templos de las grandes ciudades, para los cuales se adoptaron soluciones arquitectónicas más atrevidas.

Actividad sísmica en la Nueva España

Ciertamente, los conquistadores, y después los colonizadores, deben haber sido informados por la población indígena de la gran incidencia de terremotos en muchas regiones de la Nueva España. Se tuvo muy pronto evidencia directa de la destrucción que estos fenómenos pueden ocasionar en las edificaciones, y de la vulnerabilidad en los tipos de construcción que buscaban transferir directamente de su herencia europea, ante la intensa actividad sísmica que se daba en estas nuevas tierras. Muchos fueron los daños y muchas las reparaciones y reconstrucciones que debieron realizarse en las edificaciones por los daños debidos a los terremotos, a lo largo de toda la época virreinal.

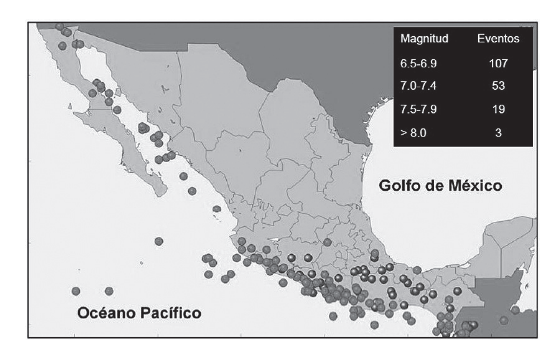


Figura 4
Estadística de sismos fuertes en el Siglo XX (Servicio Sismológico Nacional, México).

Las estadísticas de la actividad sísmica registrada en el siglo XX indican que en México ocurren, en promedio, aproximadamente dos sismos por año, de magnitud 6,0 o mayor; un sismo de magnitud 7,0 o mayor, cada dos años, y uno de magnitud 8,0 o mayor, cada 30 años (figura 4). Hay razones para suponer que la actividad tectónica del planeta no ha cambiado significativamente en épocas recientes, y que la frecuencia con que ocurrieron sismos de distintas magnitudes en el siglo XVI debe haber sido semejante a la que se ha registrado en el siglo XX; por tanto, la figura 4 nos da una idea de la cantidad de eventos sísmicos severos que debieron haberse presentado en ese siglo.

Conocimientos de seguridad sísmica de los nativos y de los europeos

Los conocimientos que había en esa época sobre las medidas para reducir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones en los países expuestos a tal amenaza, eran seguramente limitados, pero no del todo inexistentes. En la construcción prehispánica se habían aprendido algunas lecciones de este tipo: la baja altura y el uso de techos ligeros en los edificios para limitar la vulnerabilidad del adobe, que es esencialmente débil y frágil; el empleo de morteros de buena calidad con aditivos vegetales que aumentaban su adhesión a la piedra; la ventaja de adoptar formas estructurales muy robustas y masivas de tipo piramidal para los edi-

ficios religiosos, en las cuales, en muchos casos, la mampostería de piedra era esencialmente un revestimiento decorativo y de protección para los grandes terraplenes naturales o artificiales que constituían el núcleo central; la construcción de bahareque en las zonas costeras, la cual da lugar a un desempeño claramente mejor que el del adobe, por su ligereza y por la trabazón entre los distintos elementos.

Muy probablemente, los colonizadores pasaron por alto las características de las construcciones prehispánicas que ellos acababan de destruir, y consideraron que su carácter masivo y poco evolucionado estructuralmente se debía a las diferencias culturales y, en gran medida, al atraso tecnológico. Los cambios que se dieron en la práctica constructiva en las ciudades, en las primeras décadas después de la conquista, no parecen obedecer a la intención de mejorar la seguridad contra los sismos. El rápido abandono del adobe en las construcciones importantes debe haber sido consecuencia, más del deterioro que este material sufría por las frecuentes inundaciones, que de su debilidad para soportar los efectos de los sismos. Por el contrario, el abandono de las techumbres de madera a favor de las pesadas bóvedas de mampostería resultaba desfavorable, tanto para el problema de los hundimientos como para el de los sismos. Las desventajas que este cambio presentaba para ambos efectos no podían haber pasado desapercibidas. Al respecto, llama la atención un párrafo de una carta que el segundo virrey, Luis de Velasco, envió al rey Felipe II, el 7 de febrero de 1557: «Los temblores de tierra son ordinarios y los edificios de bóvedas altas corren riesgos, como se ha visto en algunos monasterios que se han hecho de bóvedas, que se han caído partes de ellos, y se tornan abajo y cubrir de maderamientos» (Cuevas 1924, 41). La tendencia que marca el virrey, a sustituir las bóvedas de mampostería por estructuras de madera, se dio sólo por un par de décadas, alrededor de la mitad del siglo, pero rápidamente prevaleció la tendencia contraria y se generalizó el empleo del embovedado.

Efectos de los sismos en edificios cercanos a fallas sísmicas

De los más de 300 conjuntos conventuales fundados en el siglo XVI en pueblos de indios, sólo poco más de la mitad subsiste actualmente. Es probable que la mayoría de los que han desaparecido, haya sido por abandono, falta de mantenimiento o destrucción intencional; pero es también probable que, en un buen número de ellos, los daños por sismo hayan contribuido en mayor o menor medida a su desaparición. Por otra parte, muchos de los que sobreviven tuvieron que ser reparados más de una vez, y en diversos casos reconstruidos, por los daños sufridos por los sismos.

En las zonas cercanas a la costa del Pacífico, los sismos producen movimientos del terreno que son mucho más perjudiciales para las construcciones típicas del virreinato. Por lo mismo, los daños en las primeras construcciones fueron mayores en estas regiones, adonde dieron lugar a modificaciones drásticas en las características de las edificaciones. Las experiencias en la ciudad de Oaxaca y sus alrededores fueron probablemente la fuente de las más graves, pero más útiles, lecciones para los constructores y para los frailes. La sucesión de eventos destructivos a lo largo del siglo XVI fue particularmente severa en esa ciudad. Los daños en los edificios civiles y religiosos fueron muy cuantiosos y llevaron en muchos casos a la necesidad de reconstruir totalmente los inmuebles.

La historia de la catedral de Oaxaca (figura 5) es ilustrativa de lo señalado anteriormente, tanto del nivel de actividad sísmica y de daño, como de las modificaciones que se tuvieron que introducir en las construcciones a raíz de la observación de su pobre desempeño. Este edificio se construyó inicialmente en 1544 y sufrió graves daños por sismos ocurridos en 1553, 1574 y 1581; en proceso de reconstrucción, fue nuevamente dañada en 1603; reconstruida otra vez en las primeras décadas del siglo XVII, se dañó por un sismo en 1650; la siguiente reconstrucción, terminada en 1680, fue dañada en 1694, 1696 y 1714, lo que condujo a nuevas modificaciones. Un sismo destructivo en 1870 dio lugar a la última modificación que llevó el templo a su forma actual. En este largo y penoso proceso de daño y reconstrucción, el templo fue adquiriendo características cada vez más robustas: la altura de las naves se fue reduciendo, los campanarios perdieron altura hasta casi desaparecer, y el sistema de contrafuertes exteriores y de paredes interiores fue haciéndose cada vez más voluminoso para dar al templo una gran resistencia ante las fuerzas símicas. En mayor o menor medida, lo ocu-

rrido a la catedral sucedió en la mayoría de las otras construcciones de la ciudad, y la actitud hacia la reconstrucción fue similar aunque sin llegar en la mayoría de los casos a soluciones tan drásticas.

En las zonas alejadas de la costa del Pacífico, se presentaron también daños importantes y bastante frecuentes, pero sin llegar en general a la destrucción total. En el México central, en general, la reacción a los daños fue muy diferente en cuanto a que las modificaciones constructivas que se adoptaron fueron muy moderadas. Al respecto, es notable el caso del estado de Puebla, donde la tendencia fue a reconstruir cada vez las partes dañadas de los templos en forma semejante a la original, o a lo más, introduciendo ligeras modificaciones (figura 5).

Tipologías de daño y vulnerabilidades de los templos ante sismo

Las edificaciones conventuales han mostrado una tipología de daño bastante definida, que es función de sus formas y características constructivas, las que son similares en todos los conventos. La vulnerabilidad de los templos depende, en primer lugar, de las características de las paredes, en cuanto a su capacidad para proporcionar un apoyo firme a la bóveda y a las cúpulas. Por la gran altura que usualmente tienen estos templos, difícilmente la pared por sí sola es lo suficientemente rígida para limitar los movimientos de la base de la bóveda, a pesar del notable espesor que usualmente tienen los muros de mampostería de la época virreinal. Por ello, se recurre a los contrafuertes que se oponen a la tendencia de la bóveda a desplazarse lateralmente. La forma y el claro de la bóveda también influyen en su vulnerabilidad.

Por otra parte, los campanarios tienen uno o dos niveles con grandes perforaciones en sus paredes que lo vuelven muy esbelto y flexible; por esto, durante los sismos están sujetos a vibraciones de gran amplitud que son causa frecuente de daño y hasta de colapsos. Las grietas se presentan principalmente en las columnas que limitan las aberturas y en los arcos que sirven de dintel sobre dichas aberturas. Las fuerzas laterales que se generan por la vibración de los campanarios son transmitidas a la parte inferior de la torre y tienden a producir su agrietamiento diagonal, lo que ha llevado, en el límite, a la caída de la parte que está arriba de la grieta.

Evolución estructural de los templos y su relación con los sismos

Los templos tempranos de carácter temporal, tipo cobertizo o ramada, a base de horcones y techo de madera tipo par y nudillo, con cubierta de tejamanil, eran muy ligeros y generaban fuerzas sísmicas muy bajas, pero su capacidad para resistir estas fuerzas era de poca duración por lo perecedero de los mate-

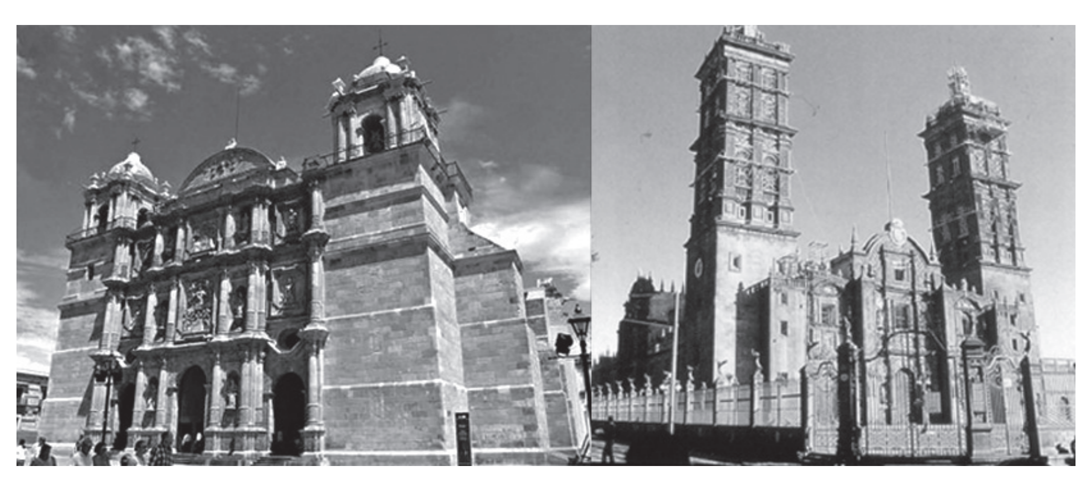


Figura 5
Catedral de Oaxaca y catedral de Puebla.

riales; además, las paredes y las construcciones auxiliares al templo eran de adobe y por eso muy vulnerables a los sismos. Después, los primeros templos formales, con su concepto encastillado, tenían claros moderados y, con frecuencia, techos ligeros de armaduras de madera, gruesos muros y robustos contrafuertes, ausencia de campanarios, y sus fachadas eran gruesas, masivas, lisas y con pocas aberturas; todas estas características eran favorables para la seguridad sísmica; sin embargo, muchos templos de esa época tuvieron, desde el principio, techos de bóveda de cañón muy pesados, que generaban fuerzas sísmicas muy elevadas, además de que imponían fuertes coceos sobre las paredes laterales, lo que los hacía muy vulnerables.

El análisis del efecto de los sismos en la evolución estructural de las construcciones se dificulta porque ésta sólo en parte dependió de la intensidad y frecuencia de la actividad sísmica y de la gravedad de los daños sufridos por estos eventos. Influyeron en buena medida en dicha evolución, factores de prestigio y de deseo de adoptar nuevos estilos arquitectónicos; así como factores relacionados con el desarrollo económico y tecnológico, aunados a aspectos sociales y demográficos.

Las modificaciones a la primera arquitectura novohispana, que era relativamente burda, se debieron en gran parte a la búsqueda de una mejora generalizada de la calidad de la construcción y de su refinamiento, a medida que las condiciones económicas y la disponibilidad de mano de obra especializada lo permitían. El cambio del adobe al calicanto se debió a esa tendencia, más que a la intención de mejorar la seguridad sísmica de las construcciones. El cambio del calicanto al ladrillo en las bóvedas de finales del siglo XVI fue probablemente con la intención de aprovechar el menor peso de éste último, y con ello reducir los empujes laterales debidos al coceo de la bóveda sobre los muros de apoyo. En la ciudad de México, este cambio sirvió para reducir el peso total del edificio y, por consiguiente los hundimientos que llevaban con frecuencia a su inutilización. Algo semejante puede decirse del empleo creciente desde finales del siglo XVI del tezontle para aligerar las paredes y otros elementos constructivos. Si bien todas estas modificaciones redundaron en mejorar la seguridad sísmica de las construcciones, es dudoso que ésta haya sido la razón de su implantación.

Evolución de las techumbres en los templos: su relación con los sismos

Como ya se señaló anteriormente, los primeros templos de la Nueva España fueron de tipo basilical con cubierta de madera de dos aguas, pero estas cubiertas fueron en pocos años sustituidas por bóvedas de mampostería. Hacia mediados del siglo XVI reaparecieron por un par de décadas las cubiertas de madera, ahora más elaboradas, pero después volvieron, y se establecieron de manera definitiva las construcciones abovedadas, excepto en zonas que estaban alejadas de los principales centros y en las que había escasez de piedra de adecuada calidad. Aunque a partir de finales del siglo XVI se empezó a emplear de manera generalizada la mampostería de tezontle en las bóvedas, esto sólo reduce en cerca de 20 % el peso de la techumbre, por lo que los consiguientes empujes laterales de éstas siguen siendo muy superiores a los de los techos de madera. Al parecer, la conciencia, que debió haber ya a mediados del siglo, de la mayor vulnerabilidad sísmica de las estructuras abovedadas, fue rebasada por la mayor importancia asignada a la escasa durabilidad de la madera y a su propensión a los incendios; éstos últimos habían sido causa frecuentemente de destrucción de templos en los primeros años de la colonia (los de los conventos de San Francisco y San Agustín en la ciudad de México, por ejemplo); esto aunado al deseo de dar a los templos una apariencia más imponente, como la que proporcionaban las bóvedas, condujo de manera generalizada a la adopción de esta solución.

La tendencia general fue a robustecer la estructura resistente y no a reducir las fuerzas que ésta tenía que resistir, resultado que se hubiese logrado aligerando la techumbre y reduciendo la altura de los edificios. También se fue dando un refinamiento de la concepción estructural, que llevó desde la tendencia inicial, a proporcionar resistencia mediante toscos muros y contrafuertes, al uso de sistemas de contrarresto más elaborados, que involucraban la participación conjunta de nervaduras, arbotantes, enjutas y muros de capilla; esto, además de precauciones tales como evitar apéndices flexibles y zonas débiles. Los cambios mayores se dieron en los siglos posteriores al XVI; los más drásticos, sobre todo en el XVIII. Hay que destacar que, a la par que se dieron soluciones más elaboradas, también los atrevimientos fueron mayores, por lo que la incidencia de las fallas siguió siendo muy alta.

Resulta difícil distinguir las modificaciones que se hicieron con la intención específica de aumentar la seguridad sísmica, de las que tenían otros propósitos; por ejemplo, la adición de nuevos contrafuertes o el aumento de la sección de los existentes fueron debidos en muchos casos al cambio de la cubierta de madera por una de bóveda; dado que esta última producía un mayor empuje sobre las paredes laterales, se hacían necesarios contrafuertes de mayores dimensiones. Más aún, está bastante difundida entre los especialistas la opinión de que la robustez que se dio a los muros y contravientos de los templos tempranos con cubierta de madera, no tenía la intención de dar resistencia sísmica, sino que fue debida a que ya se preveía que posteriormente ésta se cambiaría por una bóveda.

Casos de estudio, metodología y resultados

Resultaría de interés realizar una evaluación rigurosa y sistemática de los templos para determinar si en su construcción se introdujeron intencionalmente algunas características que proporcionan una seguridad sísmica mayor en los sitios donde el peligro sísmico era percibido como más severo. Para ello, habría que realizar análisis estructurales refinados de una muestra de construcciones representativas, o una evaluación detallada de su desempeño ante los sismos que las han afectado. Para ninguno de los dos enfoques existe información suficiente para una evaluación confiable. En lugar de lo anterior, se describirá a continuación una evaluación aproximada basada en la comparación de algunos indicadores representativos.

De manera resumida, el procedimiento que se siguió fue el siguiente. Primeramente el grosor de los muros y de sus contrafuertes fue considerado como el factor más importante que los constructores pudieron haber controlado para dar a la nave del templo la robustez que le permite resistir los efectos sísmicos, además del peso de la bóveda. Un indicador representativo de esa robustez para templos de distintos tamaños es la relación entre la altura de la nave y la suma del espesor del contrafuerte, más el del muro al que está ligado. Llamaremos *esbeltez del contrarresto* a esa relación y la referiremos siempre a la parte central de la nave y a la pared lateral del templo que es opuesta al convento (Meli 2011, 258); esto, porque del lado del convento el contrarresto a los movimientos laterales está constituido principalmente por los muros del convento cuyo efecto es más difícil de evaluar con un solo parámetro.

Se quiso estudiar, por una parte, si había cierta consistencia en los valores de ese indicador para los templos conventuales, y además, si el indicador variaba con algunos factores que presumiblemente deberían haberse tomado en cuenta al elegir las dimensiones de la estructura. El primero de estos factores es la fecha en la que inició la construcción del templo, para verificar si la experiencia de los daños por los sismos había conducido con el tiempo a un aumento de la robustez de la nave. El período en el que fueron construidos los grandes templos conventuales fue relativamente breve, de 1540 a 1580; aunque en las dos últimas décadas del siglo se siguió trabajando en la construcción de los conventos, en la mayoría de los casos sólo fue para terminar edificaciones ya comenzadas. Para el estudio en cuestión las fechas del inicio de la construcción se dividieron en tres intervalos: los tempranos, antes de 1550; los de la época de más intensa construcción, entre 1550 y 1570; y los tardíos, después de 1570.

Además, se quiso averiguar si había una diferencia significativa en la esbeltez dada al contrarresto de los templos construidos en zonas expuestas a una actividad sísmica claramente diferente. Para ello, también fueron considerados tres casos: alto peligro sísmico, para el cual se seleccionaron tres templos del estado de Oaxaca; peligro sísmico intermedio, para el cual fueron seleccionados templos de distintas zonas del México central; y peligro sísmico no significativo, en la que están incluidos sólo los de la península de Yucatán. El último factor elegido para estudiar su influencia fue la orden de frailes que estuvo a cargo de la fundación, con el fin de explorar la posibilidad de que cada una pudiese haber seguido criterios diferentes al dimensionar sus edificaciones.

Para el estudio de cada factor se mantuvieron constantes los otros dos, y para cada uno de los tres casos considerados para ese factor fueron elegidos tres templos representativos, para los cuales fuera posible recabar las dimensiones correspondientes a la estructura original. Por ejemplo, para el estudio de la influencia de la fecha de construcción, fueron escogidos templos ubicados en una zona de peligro sísmico intermedio, los estados de Morelos e Hidalgo, y que habían sido construidos por los frailes agustinos. Los resultados más interesantes del estudio estadístico están resumidos a continuación.

Resultados

Se encontró que en la mayoría de los templos conventuales, la esbeltez del contrarresto para la construcción original, está entre 4,5 y 5,5, por lo que puede considerarse 5,0 como un valor representativo. La esbeltez se dispara para un pequeño número de templos que tuvieron contrafuertes mucho más robustos, como Epazoyucan, Ixmiquilpan, Amecameca y Atlixco. No existe una diferencia significativa en la esbeltez de los contrarrestos para templos cuya fecha de construcción corresponde a distintas épocas, dentro de los tres intervalos de tiempo considerados. Los valores promedio obtenidos fueron 4,8, 4,7 y 4,8, para los templos tempranos, intermedios y tardíos, respectivamente.

La comparación de los templos en zonas de distinto peligro sísmico se complicó por la dificultad de encontrar en esos lugares, templos que conservaran sus características originales. Como se ha dicho, en el estado de Oaxaca los conventos más cercanos a la costa fueron destruidos o nunca llegaron a construcciones definitivas, y los más lejanos, como los de la mixteca alta, han sido modificados significativamente. Con alguna salvedad sobre los resultados para este caso, se puede afirmar que existe un aumento de la esbeltez de los contrafuertes a medida que pasamos de la zona de peligro sísmico severo, a la de peligro intermedio y a la de peligro poco significativo; los valores encontrados son 4,1, 4,8 y 5,1, respectivamente.

En cuanto a las diferencias entre los templos construidos por las distintas órdenes, se encontró que la esbeltez para los templos de los agustinos es algo mayor que para las otras dos órdenes, pero en términos generales puede decirse que no hay diferencias significativas entre las órdenes. Por otra parte, Kubler ([1948] 2012, 320-21) analizó solamente el espesor de los muros, sin considerar los contrafuertes, y encontró que los templos de los agustinos tienen mayores espesores de muros que los de los franciscanos, y que en general las naves de los templos construidos hacia finales del siglo tienen mayores claros de bóvedas y menores espesores de muros que los templos tempranos.

Discusión de resultados

En conclusión, el hecho de que el factor de esbeltez del contrarresto de las naves de los templos varíe dentro de un margen bastante estrecho, parece mostrar que se siguió un criterio común para el dimensionamiento de los templos y que este criterio fue mantenido por las tres órdenes monásticas durante todo el período de construcción de los conventos. La afirmación no puede ser contundente por la escasez de casos confiables para algunas de las características estudiadas. Puede asumirse que la relativa brevedad del período de construcción de los conventos no dio tiempo para aprender de las fallas y mejorar la seguridad. También es factible que los constructores y las autoridades hayan considerado los daños presentados en los templos como poco graves y que no requerían modificar los criterios de dimensionamiento fijados inicialmente.

Menos claras son las conclusiones sobre las diferencias para las zonas de distinto peligro sísmico. Aunque, se aprecia cierta tendencia a contrarrestos más robustos en zonas de mayor peligro sísmico, las diferencias no son muy sustanciales y posiblemente hayan sido influidas por otros factores. Para la zona de menor peligro, los tres casos considerados corresponden a tres grandes templos de Yucatán sin contrafuertes, y en las que el contrarresto fue proporcionado con muros de gran espesor. La mayoría de los templos conventuales de esa región fueron construidos después del siglo XVI y, casi en su totalidad tienen contrafuertes de grandes dimensiones, iguales o mayores que los que se encuentran en los templos de las zonas de mayor peligro sísmico. Puede suponerse que ese cambio de criterio de estructuración no tenga nada que ver con la intención de aumentar la resistencia sísmica, sino más probablemente a problemas de daños observados en algunos de los primeros templos debidos al empuje de la bóveda por su propio peso.

Por otra parte, en el lapso de construcción de los conventos se dieron algunas nuevas modalidades constructivas que parecen haber obedecido a la intención de mejorar la seguridad sísmica; la primera fue la adición de los contrafuertes diagonales en los extremos de la fachada (como en Cuautinchan, Yecapixtla, Actopan y Tecali). Probablemente, en un inicio éstos fueron colocados sólo en casos de bóvedas de nervadura, en las que tenían la función de resistir el empuje diagonal que la bóveda ejerce en la crujía extrema; sin embargo, el hecho de que existan contrafuertes diagonales aun en templos con techos de bóveda de cañón indica que se daba a éstos la función de confinar la fachada y su conexión con la nave, para que pudieran resistir mejor los efectos sís-

micos. Esta modalidad tuvo poca duración, probablemente por razones de orden estético.

Otra modalidad que se fue dando es el cambio de las fachadas lisas de los templos de las primeras dos décadas, a otras que contaban con robustas torres que integraban, junto con los muros laterales y sus contrafuertes. Estos elementos, junto con el presbiterio trapecial, conforman un cinturón perimetral muy rígido que proporcionaba buena resistencia a los sismos. En los conventos del siglo XVI estas torres se mantuvieron sin campanarios o con alturas que superaban en poco la del resto de la fachada, por lo que resultaban relativamente poco vulnerables a los sismos. Posteriormente, en muchos casos fueron añadidos campanarios cada vez más altos, lo que llevó a fallas frecuentes que en ocasiones no se limitaron a estos elementos, sino que fueron acompañadas por la separación entre la torre y la fachada.

En los edificios del convento, los cambios de estilos y de soluciones incidieron claramente en contra de la seguridad sísmica; en todas sus áreas la robustez de los muros se redujo a medida que avanzaba la fecha de construcción dentro del período mencionado; esta tendencia es más clara en el claustro, donde la estructura fue haciéndose cada vez más atrevida. Ésta pasó de ser una gran pared perforada con robustos contrafuertes, a una solución de arquería con claros cada vez mayores, compuesta por columnas esbeltas y techo de viguería, con escasa conexión entre la arquería y el cuerpo principal del convento. Esto revela que fue creciendo el atrevimiento y con éste la vulnerabilidad sísmica.

Comentarios finales

La arquitectura conventual en los pueblos de indios se desarrolló de manera poco ligada a la evolución de la construcción urbana; mantuvo durante todo su período de desarrollo un patrón de prudencia estructural, que la distinguió de los atrevimientos que se dieron en la construcción urbana, sobre todo en los siglos posteriores. La supervivencia hasta nuestros días de la mayor parte de las construcciones conventuales definitivas refleja lo atinado del criterio constructivo adoptado por los frailes. Fue esta prudencia constructiva la que condujo a un buen desempeño general de estas construcciones ante los sismos, más que la introducción consciente en ellas de características sismorresistentes.

Sólo los conventos en zonas de más alto peligro sísmico, los criterios estructurales adoptados no fueron suficientemente conservadores, lo que debe haber influido en el abandono de las fundaciones, sobre todo en la franja costera del estado de Oaxaca. Fue también en esa zona donde se fueron introduciendo cambios sustanciales en la arquitectura para reducir la vulnerabilidad sísmica de los edificios conventuales y, sobre todo, de los templos; sin embargo los cambios más drásticos se dieron sólo a partir de la segunda mitad del siglo XVII.

En el resto de las regiones afectadas frecuentemente por los temblores, la respuesta de los constructores fue variable; se llegaron a introducir en los templos conventuales modificaciones que reducían su vulnerabilidad, como el confinamiento de la fachada, con torres o con contrafuertes diagonales, pero por una parte estas modificaciones no se dieron de manera generalizada, y por otra, se hicieron otras que llevaban a un aumento de la vulnerabilidad, como el aumento de la altura de los templos y el cambio de claustros de contrafuertes a claustros de arquería.

Las construcciones de los siglos posteriores tuvieron características que las hacían más vulnerables que las primeras, excepto en Oaxaca y Chiapas. La explicación más viable de esta contradicción es que el anhelo de tener construcciones más imponentes y más elegantes fue más fuerte que la prudencia aconsejada por la evidencia de los daños que los sismos causaban constantemente en lo ya construido. Por otra parte, es probable que hubiese una aceptación de los daños que implicaba esa forma de construir, y una decisión consciente de preferir tener que reconstruir con cierta frecuencia las partes dañadas en lugar de tener que renunciar a una arquitectura más imponente y con gran significado simbólico.

En el resto de las regiones afectadas frecuentemente por los temblores, la respuesta de los constructores fue variable; se llegaron a introducir en los templos conventuales modificaciones que reducían su vulnerabilidad, como el confinamiento de la fachada, con torres o con contrafuertes diagonales, pero por una parte estas modificaciones no se dieron de manera generalizada, y por otra, se hicieron otras que llevaban a un aumento de la vulnerabilidad, como el aumento de la altura de los templos y el cambio de claustros de contrafuertes a claustros de arquería.

Finalmente, las construcciones de los siglos posteriores tuvieron características que las hacían más vulnerables que las primeras, excepto en Oaxaca y Chiapas. La explicación más viable de esta contradicción es que el anhelo de tener construcciones más imponentes y más elegantes fue más fuerte que la prudencia aconsejada por la evidencia de los daños que los sismos causaban constantemente en lo ya construido. Por otra parte, es probable que hubiese una aceptación de los daños que implicaba esa forma de construir, y una decisión consciente de preferir tener que reconstruir con cierta frecuencia las partes dañadas en lugar de tener que renunciar a una arquitectura más imponente y con gran significado simbólico.

Lista de referencias

Cómez, Rafael. 1989. *Arquitectura y feudalismo en México. Los comienzos del arte novohispano en el siglo XVI*. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM.

Cuevas, Mariano. 1924. *Historia de la iglesia en México*. Vol. 3. México: Asilo Patricio Sanz.

Kubler, George [1948] 2012. *Arquitectura mexicana del siglo XVI*. Traducido por Roberto de la Torre, Graciela de Garay y Miguel Ángel de Quevedo. México: Fondo de Cultura Económica.

Meli, Roberto. 2011. *Conventos mexicanos del siglo XVI. Construcción, conservación e ingeniería estructural*. México: Porrúa-UNAM.

La construcción del espacio religioso en Minas Gerais en el siglo XVIII

Selma Melo Miranda

En los dos primeros siglos de la vida colonial brasileña, la actividad sistemática en el campo de la arquitectura y del urbanismo se limitó a la costa – construcción de poblados, fortificaciones, capillas e iglesias. Al final del siglo XVII, el descubrimiento de las piedras y metales preciosos en las Sierras de Mantiqueira y Espinhaço, en el actual estado de Minas Gerais, señaló un nuevo curso a la colonización.

Contingentes migratorios de otras partes de la colonia y de la metrópoli rápidamente se asentaron en la región, atraídos por el mito de las sierras resplandecientes y por la posibilidad de enriquecimiento fácil. En poco tiempo se formó una considerable red de villorrios y poblados que reunió brasileños, portugueses y africanos, y que se consolidó hacia mediados del Setecientos. Sin embargo, enseguida se hizo notar, después de la euforia inicial, la disminución de la producción aurífera, la cual, aunque haya mermado, no impidió el desarrollo del significativo movimiento cultural verificado hasta las últimas décadas del siglo XVIII (figura 1).

Resultó de ello una colección admirable de capillas e iglesias erigidas a lo largo del siglo, y muchas de ellas tienen destaque entre las manifestaciones culturales de la humanidad. Con la prohibición del establecimiento de las órdenes religiosas regulares, los proyectos de construcción fueron implementados por las cofradías laicas, o hermandades, generalmente compuestas según el criterio de distinción social y de color, con preferencias de devoción exclusivas. Los planos arquitectónicos, inicialmente rectangulares, tuvieran uso prolongado, pero entre los años 1730 y 1760 aparecieron nuevas experiencias espaciales poligonales y elípticas del barroco tardío.

A partir de esa época, los principales edificios religiosos se caracterizaron por la combinación de superficies curvilíneas y lineares, seguidas luego de las sinuosidades del rococó. Ejemplos de ese desarrollo se encuentran en docenas de poblaciones en el magnífico paisaje montañoso en los antiguos términos de Sabará, Vila Rica, Mariana, São João y São José del Rei y Vila da Princesa do Caeté. Igualmente notable fue el acervo arquitectónico construido en la región de diamantes y piedras preciosas, en los pueblos de Tijuco y Conceição do Mato Dentro y Vilas do Príncipe do Serro Frio y de Minas Novas (figura 2).

Los materiales y las técnicas de construcción cambiaban según las regiones y las tipologías de edificación. Se favoreció el uso de la mampostería de piedra ordinaria estucada y guarnecida con encuadramientos, molduras y ornamentos en cantería en las iglesias desde la zona central extendiéndose al sur. La estructura autónoma de madera con paños en adobe o de bahareque tuvo larga utilización y fue prácticamente el único sistema usado en el norte y en el distrito de Diamantina.

El proceso de producción de esa arquitectura implicó arquitectos, artistas, maestros y oficiales portugueses y brasileños de varios oficios, siguiendo procedimientos técnicos y administrativos similares a los adoptados en la ejecución de las obras en la metrópoli. Es nuestra intención destacar algunos pasajes



Figura 1
Arquitectura y el paisaje con la Iglesia de Santa Efigênia y el caserío, Ouro Preto, Minas Gerais. Fotógrafo: Leo Alvim

a partir de informaciones recogidas por medio de la lectura de los mismos edificios en documentos manuscritos e impresos de hermandades, cámaras u otras instituciones del gobierno colonial.

Levantados con recursos de devotos por medio de contribuciones, fiestas y loterías, los templos resultaban del esfuerzo colectivo gracias al empeño de las comunidades. Las asociaciones religiosas, además de asistencia espiritual y material a sus miembros, estaban obligadas al doble compromiso de construir su iglesia y de promover las celebraciones de los patronos, dos formas mayores de expresión de la devoción. Por lo tanto, construcción y fiestas se incorporaron a las acciones cotidianas de las cofradías, e incluso aquellos económicamente más fuertes se esforzaban para cumplir con las dos obligaciones. Por eso se dejaba de celebrar para ahorrar recursos para las obras, lo que ocurrió con varias de las hermandades, como la de los hombres negros do Rosário, en Sabará.

Se estimaba entre cinco a seis años para la obra de piedra, incluida la cobertura, plazo que muchas veces se extendía por más tiempo, sin incluir pintura, talla y dorado, que casi siempre se contrataba por separado. El valor final era pagado en cuotas según la conclusión de etapas de la edificación.

Es interesante señalar que se tomaban las decisiones referentes a las obras por medio de votación de los miembros de las mesas directoras de las hermandades. Votaban para elegir el terreno, los riesgos, las reformas, los modelos de ornatos y otros detalles, además de la técnica de construcción. En Sabará, los



Figura 2
Iglesia de São Francisco de Ouro Preto, Minas Gerais. Fotógrafo: Leo Alvim

hermanos terceros carmelitas se reunieron, en 1762, para elegir «por pluralidad de votos» la materia más idónea para construir su capilla, habiendo sido preterida la estructura de madera en favor de la mampostería de piedra. Algunos años después, optaron por la tierra apisonada para las catacumbas, por ser «incomparablemente menos dispendiosa ... segurísima ... muy duradera» (Passos 1940, 92, 94 y 72).

Como resultado, el estudio de los procesos constructivos en Minas Gerais tiene aún, bajo diferentes puntos de vista, un largo camino a ser recorrido, y ofrece fascinante material para explorar. Tratamos aquí de reanudar y continuar con indagaciones acerca de los bastidores de la arquitectura de la región de las minas de oro a partir de los ensayos anteriores (Miranda 1993-6, Miranda 2000 y Miranda 2013).

A las valiosas contribuciones de los estudiosos pioneros, como el artículo «Ofícios Mecânicos em Vila Rica», de Salomão de Vasconcellos, publicado en 1940, y trabajos consagrados como los de Vasconcellos (1979) y Boschi (1988), se suman las investi-

gaciones de Trindade (1996), Flexor (2000), Bueno (2012), Alves, Menezes (2014), y otras más recientes, de Gomes da Silva (2014), Pereira (2014), Leal (2009). El mismo espacio propiciado por este primero congreso internacional revela la prometedora expansión del interés por los estudios de la historia de la construcción.

De la elaboración del proyecto a la contratación de obras

> ... el destino del proyecto: hacerse obra y, como tal, perpetuar eternamente
> su combate contra la disolución del todo, contra la corrupción del tempo.
> (Alberti, apud Brandão)

Decididas a construir su templo, las hermandades inicialmente se dedicaban a providenciar en Lisboa la licencia para la edificación y a contratar el proyecto y las condiciones, lo que constituía, por lo tanto, los elementos esenciales a todo emprendimiento constructivo.

Tanto en la construcción de edificios monumentales como de los más modestos, se buscaba seguir reconocidos preceptos de arquitectura y, si posible, adoptar rigurosos procedimientos técnicos, desde la elaboración de los indispensables «bocetos, plantas y perfiles», y de las respectivas condiciones de remate, hasta la realización de evaluaciones técnicas de las varias etapas de la obra.

La importancia de los bocetos es claramente explicitada en varios pasajes. En el examen de un proyecto elaborado para el lavabo de la sacristía de la iglesia de Nossa Senhora do Carmo de la antigua Vila Rica, actual Ouro Preto, los maestros que lo examinaron declararon, acerca de la parte inferior del barreño que, como no habían visto la planta del mismo, no podrían decir «se autoriza su ejecución» (Lopes 1942, 130). Añadieron que el contrato del servicio sin la planta resultaría en «confusión» para todos.

Los bocetos también eran elaborados para la escultura y la pintura, y frecuentemente suministrados por los contratantes. Importa investigar si los proyectos fueron, en algunos casos, acompañados de un modelo o maqueta de cartón o de barro, como ocurrió en Portugal, según informa Oliveira (1997). Se podía presentar más de una propuesta a los emprendedores para examen y aprobación. Esto ocurrió, en 1762, en la construcción del templo franciscano de Mariana. Entre dos proyectos examinados se eligió el que fue presentado por el cura Dr. José Lopes Ferreira da Rocha, por ser el de más bajo costo. Poco tiempo después la decisión fue reconsiderada «usándose de mejor consejo para la perfección de la obra» (Trindade 1945, 178-179). Finalmente se adoptó un tercero boceto elaborado por José Pereira dos Santos, arquitecto y maestro de albañilería y cantería.

A los diseños generales de plantas y levantamientos se sumaban detalles complementares, generalmente elaborados durante el curso de las obras. En la edificación de la capilla de los hermanos terceros do Carmo, en Ouro Preto, después de la aprobación del proyecto se definió que el presbiterio sería ejecutado conforme al boceto que se debería hacer y entregar al rematante João Alves Viana (Lopes 1942, 112).

En esa misma obra se puede observar que uno podía usar detalles en diferentes situaciones. Así, las principales almohadillas de la puerta principal podrían seguir el modelo de las del paraviento. También se podía tomarlos prestado de otros edificios. Entre varios ejemplos, se ve que los carmelitas de Sabará decidieron hacer el lavabo de la sacristía «similar al que se encuentra en la Matriz de Caeté» (Passos 1940, 29).

Dibujos en escala natural eran hechos en el mismo lugar de la obra, incluso sobre el revestimiento de las paredes o en tablas del suelo, como todavía se puede ver en el pasillo lateral derecho de la capilla de São Francisco de Ouro Preto, donde están representadas partes del frontón y un pináculo. En la iglesia do Carmo de la misma ciudad hay también formas delineadas en la pared y en el suelo del consistorio.

Se copiaban los originales del proyecto y las copias quedaban en poder de las hermandades, mientras se entregaban aquellos al constructor, quien estaba obligado a presentarlos siempre que se le pidieran. Lo que se sabe es que generalmente no eran firmados por los autores, y que hay muchos originales y copias firmados o rubricados por secretarios, procuradores y rematantes. Al inicio de la construcción del templo ouro-pretano de Virgem do Carmelo de Vila Rica, el secretario de la Orden entregó «los bocetos y las plantas» por él rubricados al maestro constructor João Alves Viana, aclarando que una copia firmada por el mismo Viana quedaría en el archivo de la Orden (Lopes 1940, 116). Por lo

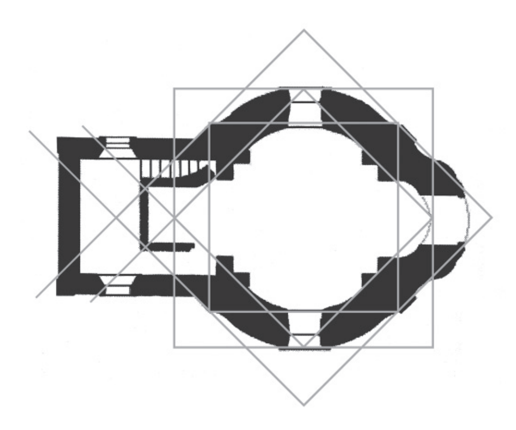


Figura 3
Iglesia de São Francisco de Ouro Preto, Minas Gerais. Fotógrafo: Leo Alvim

tanto, no se debe concluir acerca de atribuciones de autoría basándose solamente en firmas y rubricas halladas en los dibujos.

Revisiones y adaptaciones de los planes iniciales se dieron con frecuencia, bien por el deseo de modernización, bien por motivos funcionales, técnicos, y financieros. El resultado es una serie de obras diferentes de la concepción original, que demuestran la presencia de decisiones y contribuciones de varios maestros. La falta de recursos, los problemas en la ejecución y la voluntad de las hermandades de individualizar sus iglesias y hacer que se destacaran entre las demás, contribuyó para las modificaciones y la elaboración de nuevos proyectos y condiciones. En esa dinámica interesa destacar el empeño en seguir las novedades formales, lo que se confirma por la presencia de la palabra «moderno» en los documentos, aplicada a obras de arquitectura, escultura y pintura (Miranda 1993-6).

Con respecto al costo de los proyectos, podemos verificar que éstos representaban una cuota bastante pequeña en comparación con el valor total pagado por los servicios, cerca del uno o dos por ciento**.** Aún así se hacían descuentos, como el que ha hecho el maestro de obras Manoel Francisco Lisboa para el plano do Carmo ouro-pretano. El maestro aceptó cincuenta octavas de oro, pero aclaró que lo hacía por ser hermano de la Orden Tercera, observando que aquel valor no se «equiparaba con el trabajo que le había costado» (Lopes 1942, 109). De hecho, hay varios registros de pagos de sesenta octavas por proyecto para servicios similares.

Para comparación con distintos gastos de las hermandades, ese valor equivale prácticamente a lo de dos sermones en días de festejos, que podían costar hasta 20 o 25 octavas cada uno.

Acerca del saber arquitectónico subyacente a los proyectos, es relevante preguntar si había un sistema de proporciones que regía el dimensionamiento y las relaciones de las partes del conjunto, un principio ordenador de referencia que orientaba el conjunto. En un momento anterior se propuso la investigación del empleo del sistema *ad quadratum*, que consiste en sobreponer a un cuadrado básico otro cuadrado en 45º, en el cual se inscribe nuevamente otro cuadrado, y así sucesivamente (Miranda 2001).

Se presentó la hipótesis, por tanto, de que en las iglesias de la región de Minas, al menos la nave y la capilla mayor se hubiesen generado por esa modulación geométrica que interrelaciona todas las partes del edificio, estando las plantas moduladas a partir del cuadrado de treinta palmos. Se mencionó en la misma fecha la posibilidad de que su aplicación también pudiera haber llegado a la planificación de los edificios grandes y pequeños a lo largo del siglo XVIII, tanto los rectangulares como los curvilíneos. Son ejemplos las capillas de Nossa Senhora do Ó (1720), en Sabará, y São Antônio del Pirapetinga (1737), en el municipio de Piranga, y las iglesias de Santa Efigênia (1733), de Nossa Senhora do Rosário (1754-7), de São Francisco de Assis (1766) y de Nossa Senhora do Carmo (1766), todas en Ouro Preto, y São Francisco de Assis en São João del Rei (1774). Fuera de Minas Gerais se pueden citar preliminarmente São Pedro dos Clérigos, en Rio de Janeiro, la iglesia llamada de Menino Deus, en Lisboa, estudiada por Diniz (1988), y la capilla de São Ovidio de Caldelas, en los alrededores de Braga (figura 3).

Se planteó además otra cuestión que igualmente no se puede responder rápidamente, referida a la posibilidad de que la organización de los espacios sagrados en un triple cuadrado estuviera relacionada con el modelo arquitectónico del templo construido por Salomón en Jerusalén. Se puede preguntar si serían intencionadas esas referencias al prestigioso modelo del Templo. Se sabe que éste se volvió referencia para la arquitectura religiosa de Occidente, discutida por varios estudiosos especialmente desde la reconstrucción clásica concebida por Prado y Vi-



Figura 4
Levantamiento del frontispicio de la Iglesia de Virgem do Carmo de São João del Rei. (Acervo del Museo de la Inconfidencia/IBRAM)

llapando, a finales del siglo XVI y que, según Rickwert (1974) tuvo autoridad hasta el siglo XVIII, a pesar de las críticas de eruditos bíblicos y teóricos de la arquitectura.

Se representaron maquetas o textos basados en la versión villalpandiana en diversas ocasiones en los siglos siguientes, desde Jacob Jehudah León (1642) a Johann Jacob Erasmus de Hamburgo (1694). Además de eso, la Orden del Templo de Villalpando fue considerada por Fréart de Chambray (1650), Guarini (1686) y Fischer von Erlach (1721). La investigación no tuvo continuidad y deberá ser retomada en otra oportunidad.

Volviendo al asunto de los «bocetos» elaborados en Brasil en los siglos XVII y XVIII, sobresale el pequeño número que subsistió de los centenares que sirvieron a la producción del copioso acervo de edificios religiosos. Incluso si se considera que las planchas originales se perdían en la obra, es sorprendente que sumen, en Minas, solamente cerca de media docena de ejemplares, dado que las copias de los archivos de las hermandades podrían haberse conservado, como se conservaron buena parte de los manuscritos.

El conjunto perteneciente al Museo de la Inconfidencia, en Ouro Preto, atribuido a Antônio Francisco Lisboa, merece revaluación, pues incluso un análisis preliminar revela la diferencia de trazo y de acabamiento existente entre las obras, indicando la presencia de varios autores. El diseño de la fachada de los



Figura 5
Alzado del frontispicio de la Iglesia de São Francisco, en São João del Rei, proyectada por Antônio Francisco Lisboa, Aleijadinho (Acervo del Museo de la Inconfidência/IBRAM)

carmelitas de São João del Rei constituye, según la propia leyenda aclara, una «Planta del Frontispicio que está hecho», o sea, que se trata de un levantamiento, y no de un proyecto (figura 4).

Las planchas referentes al templo de los franciscanos de la citada ciudad representan líneas más ligeras, pero igualmente muestran desemejanza. Se representan, en el frontispicio, al mismo tiempo la vista del entablamento y de los ornatos esculpidos, y el esquema del armazón del techo y de la modulación del arco de cantería. Acerca de la representación de la «reja esculpida» a ser asentada en el arco-crucero de la capilla franciscana de Ouro Preto, solamente se detalló un panel en la elevación y se insertó, en destaque, la escala numerada. (figuras 5 y 6).

Llama la atención la representación del corte de la misma capilla mayor, entre otros aspectos, por su interés en relación a los aparejos de albañilería y por la información de que los púlpitos tendrían la peana de piedra y el tambor de madera, conforme al tipo más

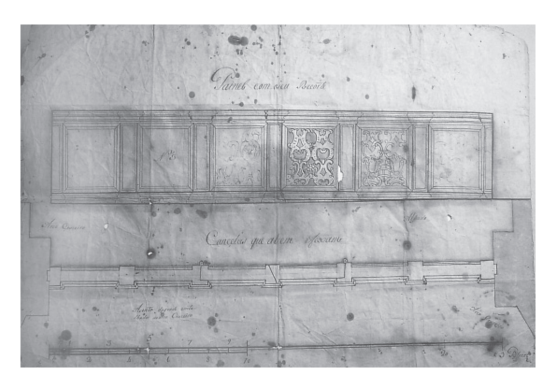


Figura 6
Boceto de Antônio Francisco Lisboa – «reja esculpida». Iglesia de São Francisco, Ouro Preto, Minas Gerais. (Acervo del Museo de la Inconfidência/IBRAM)

difundido y, además, por la economía en indicar los elementos que recibirían detalles complementares. En ese sentido, sobresale la anotación de que la puerta travesera sería «...ornada como la que está prevista en un lado del crucero junto a la capilla». La inscripción sugiere que el adorno del coronamiento estaba ya dibujado sobre el revoco, como en el pasillo. El corte habría sido dibujado, en ese caso, después de empezada la obra, como suplemento o como cambio del proyecto inicial, lo que no se puede afirmar con precisión.[1] (figura 7).

Los proyectos eran obligatoriamente acompañados de las «condiciones de obras», que contenían la descripción de los servicios, las especificaciones de materiales y de técnicas, además de otros procedimientos necesarios para la conclusión de la empresa. Incluso aquellos más sencillos y de menor porte no dispensaban esas determinaciones. Cumplidas las providencias iniciales, se hacía con pompa el acto de poner la piedra angular. En la construcción se buscaba la «mejor perfección». Se registraba claramente: «debe hacerse todo lo que respeta a la seguridad, perfección y comodidad». (Lopes 1942, p. 119). Se buscaba la calidad, además, por medio del control del ejercicio de la profesión y de la práctica de efectuar peritajes con «maestros inteligentes», que entendieran «de obras y bocetos» (Miranda 2012).

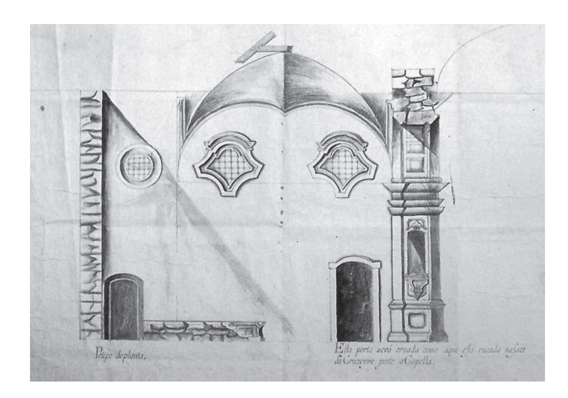


Figura 7
Corte de la capilla mayor de São Francisco de Asís, Ouro Preto. (Acervo del Museo de la Inconfidencia/IBRAM)

Arquitectos, maestros y oficiales: notas acerca del ejercicio profesional y de las condiciones de trabajo

Los oficiales y maestros que actuaron en Minas Gerais durante el siglo XVIII e inicio del siglo XIX, de ordinario poseían formación práctica adquirida en talleres y oficinas de obras. Raramente se contó con la presencia de ingenieros militares y su actuación se restringió a ocasiones especiales. La creación de una clase de diseño y arquitectura civil y militar y de pintura fue solicitada por el pintor Manoel da Costa Ataíde, en 1818. No se aprobó su pedido, aunque hubiesen sido creadas clases de arquitectura militar a partir de finales del siglo XVII en Salvador (1696), en Rio de Janeiro (1697-8), y en São Luís do Maranhão (1699), en consecuencia de programas implantados en Portugal y España prácticamente en todas las capitales de provincia (Bueno 2011).[2]

En la reglamentación de las profesiones se mantuvieran, con adaptaciones, las propiedades generales adoptadas en la metrópoli. Las actividades estaban controladas por las Cámaras Municipales que promovían anualmente las elecciones para los cargos de escribano y Primero y Segundo Jueces de los diversos oficios, y daban pose a los elegidos.[3]

No había gremios formalizados y la asociación en hermandades dedicadas a los patronos de los diversos oficios cumplió en parte ese papel. En el caso de los maestros albañiles de mayor proyección, en general blancos y portugueses, se comprueba su coligación con las hermandades de São Francisco y de Virgem do Carmelo.

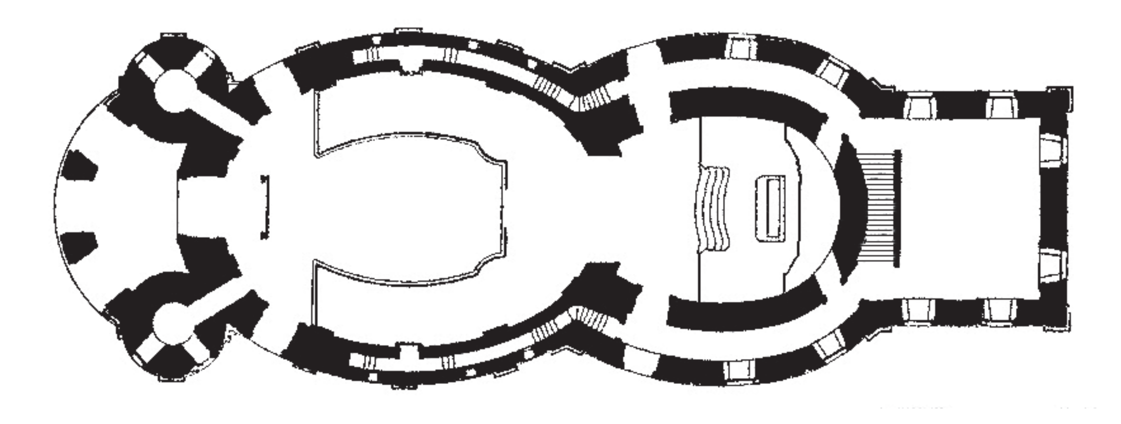


Figura 8
Planta de la Iglesia de Nossa Senhora do Rosário. Proyecto de Antônio Pereira de Souza Calheiros. (Archivo Iphan-MG)

La documentación de la Cámara de Vila Rica ofrece informaciones interesantes acerca de los oficios de albañiles, carpinteros, herreros y otros, lo que se constata igualmente con respeto al voluminoso acervo documental de las cámaras de las demás villas de minería. Es posible verificar que el número de albañiles creció mucho a partir de 1740 y que, entre ellos, eran pocos los que fuesen a la vez albañiles y canteros. Oficiales y maestros traían sus cartas de examen pasadas en el Reino o en otras partes de la colonia, como el carpintero portugués Francisco Alves Lemos, cuya carta fue pasada en la ciudad de São Sebastião de Rio de Janeiro solamente para aquel oficio (Archivo Publico Minero, CMOP, Libros 66, 78, 84, 85).

Muchos profesionales de la construcción gozaron de reconocimiento en su periodo de actuación, pero, en general, no acumularon riqueza. Participaban de los eventos públicos festivos con sus banderas y danzas de oficios, conforme era costumbre y práctica inmemorial. (Lange 1969, 56). Parece que solamente eventualmente defendieron sus intereses de forma colectiva.[4]

Con referencia al trabajo del arquitecto, se verifica que se elaboraron proyectos por diferentes categorías profesionales: maestros de obras, albañiles o carpinteros en su mayoría, y también doctores, como el cura José Lopes Ferreira da Rocha y Antônio Pereira de Souza Calheiros. Incontables referencias muestran que había reconocimiento y distinción de la actividad. En 1785, por ejemplo, Francisco de Lima fue llamado a Vila da Campanha da Princesa como el «Maestro de obras Arquitecto» quien podría dar «mejor dirección y perfección» a la nueva iglesia (Valadão 1940, 252).

Se distinguen en particular dos personalidades involucradas en la actividad de proyectar relacionadas con templos emblemáticos de la arquitectura del siglo XVIII, con formación, experiencia y carreras profesionales dispares: Antônio Pereira de Souza Calheiros y Francisco de Lima Cerqueira. Calheiros se licenció en Coimbra y vino temprano para las minas, en los años 1730. Su trayectoria profesional es todavía poco conocida, pero las obras que proyectó –especialmente la capillita de Caldelas, en Braga, y los planes elípticos do Rosário de Ouro Preto y de los Clérigos de Mariana– indican que tenía conocimiento y erudición de tratadista. Trabajó como arquitecto aficionado, ya que se ligó al mundo de los grandes negocios de los contratos de cobranza de diezmos y entradas, lo que probablemente le hizo distanciarse de la arquitectura (figura 8).

La investigación realizada por Eduardo Oliveira (1995) trajo importantes informaciones. Sin embargo hay mucho por conocer sobre su biografía. No se tiene cualquier dato más allá de 1760, cuando obtuvo una «sesmaria», que consistía en tierra otorgada para cultivo por haber prestado sus servicios en la administración para la corona portuguesa. Después de extensa investigación fue posible identificar la localiza-

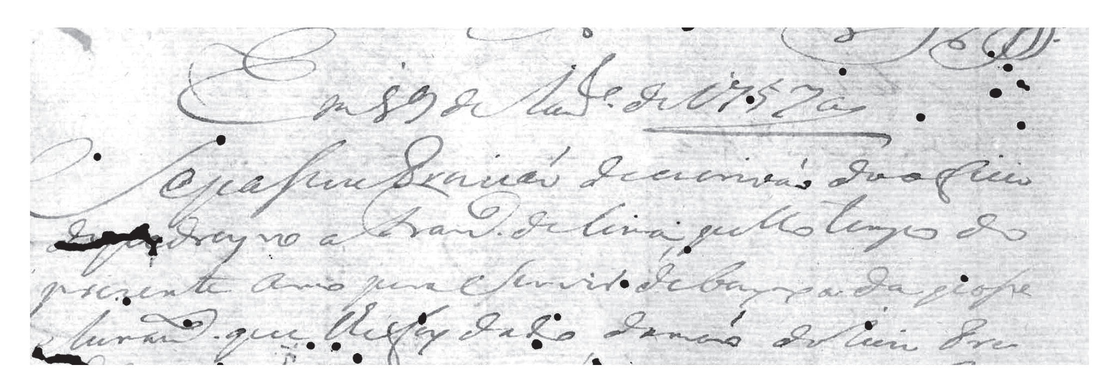


Figura 9
Provisión pasada a Francisco de Lima Cerqueira para servir como escribano del «oficio de albañil. 1757» (Arquivo Público Mineiro, CMOP, Libro 66)

ción de las tierras en Itatiaiuçu. Sin embargo, se reveló su relación con João de Souza Lisboa y João de Cerqueira, dos de los mayores negociantes de la Capitanía. Ambos fueron ministros de la Orden Tercera de São Francisco de Ouro Preto, el primero con actuación prominente en la Mesa Directora en los años de 1750, cuando se empeñó con tenacidad en la construcción de la iglesia. Con eso se puede mantener la hipótesis de su participación en los primeros momentos de esa misma construcción. Un principio orientador clave —la disposición de los elementos arquitectónicos en 45 grados—, rara en la arquitectura minera y brasileña, conecta directamente las tres iglesias: Caldelas, Rosário y São Francisco.

Francisco de Lima Cerqueira evidenció su competencia y creatividad como arquitecto y maestro de albañilería y cantería. Trabajó en la construcción de importantes edificios religiosos, por ejemplo, los de Senhor de Matozinhos de Congonhas, de Nossa Senhora do Carmo y de São Francisco, en Ouro Preto y en São João del Rei. De la fase inicial de su carrera se sabe, segundo Miranda (2000) y hasta la actualidad que, desde 1754 ya ejercía la profesión de albañil en Vila Rica y que, en 1763, remató la obra del Chafariz das Cabeças, teniendo por fiadores los maestros albañiles João Alves Viana y Martinho Fernandes. En ese proceso actuó ya como arquitecto cuando ignoró los términos del contrato, que lo obligaban a seguir el modelo del chafariz do Rosário, y elaboró un nuevo proyecto con detalles que retomaría más tarde.

Nuevos subsidios documentales revelan que Lima Cerqueira se había afirmado y era reconocido profesionalmente entre sus pares algunos años antes de esa obra. En 19 de enero de 1757, después de haber sido elegido, la Cámara de Vila Rica le pasó provisión para servir como escribano del oficio de albañil. Para los cargos de Segundo y Primero Juez fueron elegidos José Antônio do Rosário como Segundo Juez, y João Alves Viana como Primero Juez (Archivo Publico Minero, CMOP, Libro 66, 179-180) (figura 9).

Cuatro años más tarde su actuación fue nuevamente evidenciada cuando, en enero de 1761, la Cámara de la misma Vila formalizó su elección para servir como Segundo Juez del oficio de Albañil. La provisión, «sellada con el sello de las Armas Reales», informa que obtuvo muchos más votos y dio pruebas de su capacidad y de bien ejercer dicho oficio. Se exigía explícitamente que «bien y verdaderamente cumpliera su obligación de *Segundo Juez*» (Archivo Publico Minero, CMOP, Libro 78, 43 a 45). El documento describe los compromisos y las atribuciones del cargo, entre ellas la facultad de pasar cartas de examen a nuevos oficiales de dicho oficio que examinase y aprobase. Como escribano y Primero Juez fueron aprovisionados Antônio José da Costa y Francisco Esteves, respectivamente.

El procedimiento siguió prácticas adoptadas en la metrópoli con variantes, por ejemplo el tiempo de ejercicio en la función: un año en Minas y tres años en la Vila de Ponte de Lima. Así, igualmente cada oficio tenía uno o más jueces elegidos por los pares y jurados bajo juramento en la Cámara. En mayo de 1760, Pedro Cerqueira fue nombrado juez de su oficio de albañil y juró cumplir su obligación. La coin-

cidencia en los apellidos revela la existencia de familias de albañiles en la región (Paiva 2006-2007, 6, 7, 19 v).

Volviendo a Vila Rica quedó comprobado, por lo tanto, el respeto por el maestro en la década de 1760, lo que explica el hecho de que ya se encontraba trabajando en obras de grande porte.[5] La suposición de que podría haber ocupado el cargo de Primero Juez en los años siguientes aún no se ha podido comprobar. Sin embargo, precisamente en la elección de 1762, el escribano de la Cámara, en un acto que causó gran perjuicio, olvidó registrar el nombre del albañil elegido. Así, la cuestión permanecerá abierta.

Finalmente, importantes aspectos de la vida, de la formación y de la trayectoria profesional de los maestros y oficiales que aquí trabajaron en el campo de la arquitectura todavía constituyen un tema productivo a ser investigado para mayor conocimiento de la historia de las prácticas y procesos constructivos.

Notas

1. Véase además Tognon (2011) y Bueno (2012).
2. Importantes contribuciones se encuentran en: Fernández (1986); López (1991) y Bonilla (1998).
3. Véase la excelente contribución de Menezes (2013).
4. Véase un ejemplo interesante en Russel-Wood (1968, 27-8).
5. El parentesco del maestro con João de Cerqueira está por investigar. Sobre obras y trabajos véase Miranda (2000).

Lista de Referencias

Alves, C. M. 1997. *Artistas e Irmãos: o fazer artístico no ciclo do ouro mineiro*. Disertación de Maestría, Universidade de São Paulo. *Anuário do Museu da Inconfidência*. 1954. Ouro Preto: Ministério da Educação e Saúde/ DPHAN.

Bastos, R. A. 2009. *A maravilhosa fábrica de virtudes: o decoro na arquitetura religiosa de Vila Rica, Minas Gerais (1711-1822).* São Paulo: EdUSP.

Bonilla, J. A. T. 1998. «Los Grémios de Albaniles em España y Nueva España». *IMAFRONTE*, 12-3: 341-356.

Boschi, C. C. 1988. *O barroco mineiro: artes e trabalho*. São Paulo: Brasiliense.

Brandão, C. A. L. 1991. *A formação do Homem Moderno vista através da arquitetura*. Belo Horizonte: Editora da UFMG.

Bueno, B. P. S. 2011. «Com as mãos sujas de cal e de tinta, homens de múltiplas habilidades: os engenheiros militares e a cartografia na América Portuguesa (sécs. XVI--XIX)». *Anais do I Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica*. 1-14. Parati.

Bueno, B. P. S. 2012. «Sistema de produção da arquitetura na cidade colonial brasileira – Mestres de ofício, 'riscos' e 'traças'». *Anais do Museu Paulista*, *Vol*. 20, 1: 321-361.

Dangelo, A. G. D. 2006. «A formação da cultura arquitetônica em Portugal durante os séculos XVII e XVIII e seus agentes de transposição para o Brasil e as terras mineiras: o Doutor Antônio Pereira de Souza Calheiros e sua contribuição para a construção da arquitetura erudita das Minas Gerais setecentistas». En *Brasil-Portugal: sociedades, culturas e formas de governar no mundo português (Séculos XVI-XVIII).* 345-367. São Paulo: Annablume.

Dangelo, A. G. D. y V. B. Brasileiro. 2008. *O Aleijadinho arquiteto e outros ensaios sobre o tema*. Belo Horizonte: Editora UFMG.

Diniz, F. B. 1988. «A Igreja do Menino Deus - algumas especulações à volta de seu modelo geométrico». *Vértice*, 3: 41-45.

Fernández, Martha. 1986. «El Albañil, el Arquitecto y el Alarife en la Nueva España». *Anais II, UNAM.*

Flexor, M. H. O. 2000. «Oficiais mecânicos e a vida cotidiana no Brasil». *Oceanos*, 42: 71-85.

Lange, F. C. 1969. «As danças coletivas públicas no período colonial brasileiro e as danças das corporações de ofício em Minas Gerais». *Revista Barroco*, Belo Horizonte, 1: 15-62.

Leal, D. V. 2009. «A produção arquitetônica nas fábricas de cantaria». *Anais do V Encontro de História da Arte* – IFCH / UNICAMP, 217-224.

Lopes, F. A. 1942. *História da construção da Igreja do Carmo de Ouro Preto*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde/DPHAN.

López, C. G. 1991. «Los Alarifes en los Oficios de la Construcción». *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie VII, t. 4, 39-52.

Menezes, J. N. C. 2013. *Artes Fabris e Ofícios Banais: o Controle dos Ofícios Mecânicos pelas Câmaras de Lisboa e das Vilas de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fino Traço Editora.

Miranda, S. M. 1993-6. «Modificação de Projeto na Igreja Setecentista Mineira - Revendo Alguns Casos». *Revista Barroco*, 17: 251-7.

Miranda, S. M. 2000. «Arquitetura religiosa em Minas Gerais: os planos poligonais». En *Portugal-Brasil/Brasil Portugal: as duas faces de uma realidade artística*. Lisboa: Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses.

Miranda, S. M. 2001. «Nos Bastidores da Arquitetura do Ouro: aspectos da produção da arquitetura religiosa no século XVIII em Minas Gerais». En *Actas del III Congreso Iberoamericano del Barroco*, Sevilha, 18: 220-235.

Miranda, S. M. 2012. «Notas sobre a arquitetura religiosa em Minas Gerais nos anos 1750-1760». En *O Barroco em Portugal e no Brasil*. 583-594. Maia: Edições ISMAI; CEDTUR; CBJM.

Oliveira, E. P. de. 1996. *De Braga para Minas Gerais, no século XVIII: novos dados biográficos sobre o arquitecto António Pereira de Sousa Calheiros.* 217-244. Braga: APPACDM.

Oliveira, E. P. 2001. *Riscar, em Braga, no século XVIII e outros ensaios*. Braga: APPACD.

Paiva, M. A. S. 2006-2007. «Os ofícios mecânicos e a encomenda arquitetônica patrocinada pela câmara de Ponte de Lima no século XVIII». *Revista da Faculdade de Letras, Ciências e Técnicas do Patrimônio*, Serie 1, vol 5-6: 437-465.

Passos, Z. V. 1940. *Em torno da história do Sabará.* Vol. 1. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde/SPHAN.

Passos, Z. V. 1942. *Em torno da História do Sabará.* Vol. 2. Belo Horizonte: Imprensa Oficial.

Pereira, F. L. 2014. *Officios necessarios para a vida humana: a inserção social dos oficiais da construção em Mariana e seu termo (1730 – 1808)*. Disertación de Maestría, Universidade Federal de Ouro Preto.

Russel-Wood, A. J. R. 1968. *Manuel Francisco Lisboa*. Belo Horizonte: Edições Arquitetura.

Rykwert, Joseph. 1974. *La casa de Adán en el Paraíso*. Barcelona: Gustavo Gili.

Silva, F. G. 2014. *Pedra e cal: os construtores de Vila Rica no século XVIII (1730-1800)*. Disertación de Maestría, Universidade Federal de Ouro Preto.

Tognon, M. 2011. «O desenho e a história da técnica na arquitetura do Brasil colonial». *Varia História*. vol. 27, 46: 547-556. Trindade, J. B. 2002. *A produção de arquitetura nas Minas Gerais na província do Brasil*. Tesis de Doctorado, Universidade de São Paulo, 1996.

Trindade, Raimundo. 1945. *Instituição de Igrejas no Bispado de Mariana*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde/SPHAN.

Valadão, A. 1940. *Campanha da Princesa*. (1737-1821). Rio de Janeiro: Leuzinger S.A.

Vasconcellos, Salomão de. 1940. «Ofícios Mecânicos em Vila Rica durante o século XVIII». *Revista do SPHAN*, 4: 331-360. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Saúde.

Vasconcellos, Sylvio de. 1979. *Arquitetura no Brasil: Sistemas Construtivos*. Belo Horizonte: UFMG.

Construcción y equilibrio de las ruinas de la ermita de la Virgen de los Llanos de Hontoba

David Mencías Carrizosa

El patrimonio histórico en zonas rurales de origen religioso, especialmente en zonas de la meseta española, es extensísimo y sin embargo muy desconocido, olvidado y en muchas ocasiones abandonado. Este es el caso de la ermita de los Virgen de los Llanos, en Hontoba, Guadalajara. Apenas estudiada y muy mal conservada, se encuentra en un estado ruinoso (García 1997b). Los restos que se mantienen en pie, consisten en los muros de fábrica perimetrales, el arranque de la bóveda central, las pechinas y partes de los arranques del tambor de la cúpula. Sorprendentemente, éstos últimos se mantienen en un asombroso equilibrio que permite evitar el colapso de los arcos del crucero (figura 1).

Dentro de la línea de los trabajos de fin de grado que la ETS de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de Madrid mantiene sobre Intervención en Patrimonio y que dirige el profesor Conde-Salazar, se estudian diversos ejemplos de edificios y construcciones que necesitan una intervención. Entre ellos, la alumna de Ingeniería Civil, Ainhoa Jaurreta, ha seleccionado esta edificación para trabajar en su Trabajo Final de Grado en las obras de reparación y restauración que debería necesitar (Jaurreta 2015). El trabajo académico sirve de punto de partida, para un estudio más exhaustivo desde el punto de vista histórico, constructivo y estructural, realizado por el autor, en el marco de los trabajos desarrollados por el Grupo de Investigación de Análisis e Intervención en el Patrimonio Arquitectónico de la Universidad Politécnica de Madrid.

El presente texto pretende reunir la información existente tanto escrita como física, que sirven de base para estudiar desde el punto de vista material, constructivo y estructural los restos del edificio mencionando y que puedan servir de base para definir la medidas de intervención para la consolidación del mismo.

Situación y contexto geográfico

Las ruinas de la ermita de la Virgen de los Llanos, se encuentran en el municipio de Hontoba en la provincia de Guadalajara. Perteneciente a la comarca de La Alcarria Baja, este pequeño municipio de algo más de 300 habitantes, se sitúa en el límite occidental de la provincia, lindando con la provincia de Madrid por medio de Loranca de Tajuña y Pioz.

Entre los arroyos de Hontoba y de Renera, afluentes del rio Tajuña que en este tramo entra y sale de las comunidades de Madrid y Castilla La Mancha sucesivamente, se sitúa un promontorio que alcanza los 901 msnm que domina hacia el este el valle medio del Tajuña y hacia el sur el valle del arroyo de Hontoba (con una altitud media de 700 msnm) y el alto del Carabo (figura 2).

Origen y evolución histórica

La existencia de un convento en este enclave es citado en el s XVIII por fray Antonio de San Ignacio (García



Figura 1
Interior de las ruinas (Fotografía del autor)

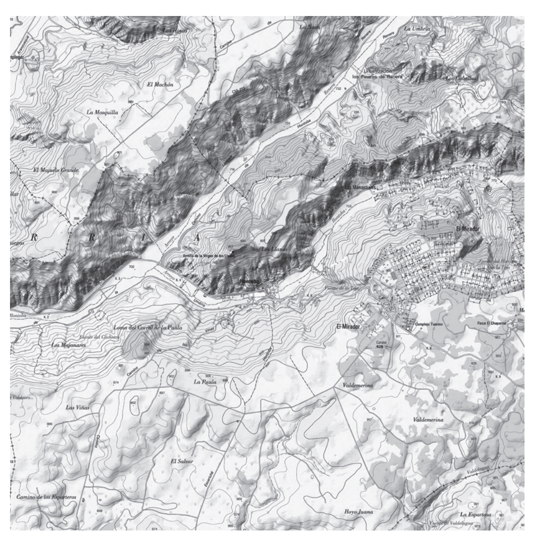


Figura 2
Mapa topográfico sobre vista aérea (Hoja 561 de la serie MTN 50 del Instituto Geográfico Nacional)

1997b). Asimismo explica la existencia anterior al siglo XVI de una pequeña ermita medieval, que fue sustituida por el edificio del que actualmente existen sus ruinas y se edificó en la segunda mitad del siglo XVII. La ermita, originalmente pudo pertenecer a la Orden de Calatrava, por lo que dada situación en lo alto del promontorio que domina el valle medio del Tajuña (figura 3), es posible que su origen sea el de «fortaleza o atalaya defensiva en tiempos de la reconquista cristiana, dirigida en esta comarca por los caballeros de la Orden de Calatrava» (García 1997b).

Según fray Antonio de San Ignacio (García 1990), la actual edificación se inició en 1652, no finalizándose hasta 1662. La edificación pasó a pertenecer al convento de Santa Ana de Tendilla para pasar después a manos de la Orden de los Jerónimos. Tras la desamortización de Mendizábal de 1836, la ermita empezó su deterioro progresivo al quedar deshabitada, puesto que nadie se hizo cargo de su mantenimiento. A pesar de ello, en la actualidad se sigue realizando anualmente una romería desde el municipio de Hontoba hasta el santuario, en honor a la Virgen de los Llanos (García 1997b), a pesar de encontrarse el edificio en estado ruinoso. Desgraciadamente actualmente, las ruinas tienen como uso principal servir de estacionamiento y cobijo para el ganado ovino local.



Figura 3
Vista general del acceso a la ermita (Fotografía del autor)

Descripción general del edificio

Entre los restos de las edificaciones que se levantaron originalmente, queda accesible fundamentalmente la ermita así como una construcción anexa a la entrada de la misma. Excavada en roca y a los pies dela ermita, se encuentran una serie de espacios, que pudieron servir de bodegas, caballerizas y otros espacios de servicio. Sin embargo en la actualidad no es posible su inspección, debido al riesgo de colapso de la estructura. Asimismo existen restos de construcciones defensivas que conformaban el recinto original. De ellas quedan apenas unos muros que permiten intuir su función original.

De las edificaciones originales no se ha podido localizar levantamiento ni descripción gráfica alguna, por lo que ha sido necesario realizar en primer lugar, el correspondiente levantamiento geométrico, partiendo de los trabajos académicos (Jaurrieta 2015). La planta tiene forma de cruz latina de una única nave, con unas dimensiones totales de algo más de 32,00 m el brazo mayor y 18,05 m el brazo menor (figura 4).

El contrato de obras para la finalización del edificio ha sido localizado por Aurelio García López (García 1997) entre los protocolos de Pastrana, y está fechado el 24 de Julio de 1658. Esta documentación sirve para establecer una serie de supuestos, especialmente cons-

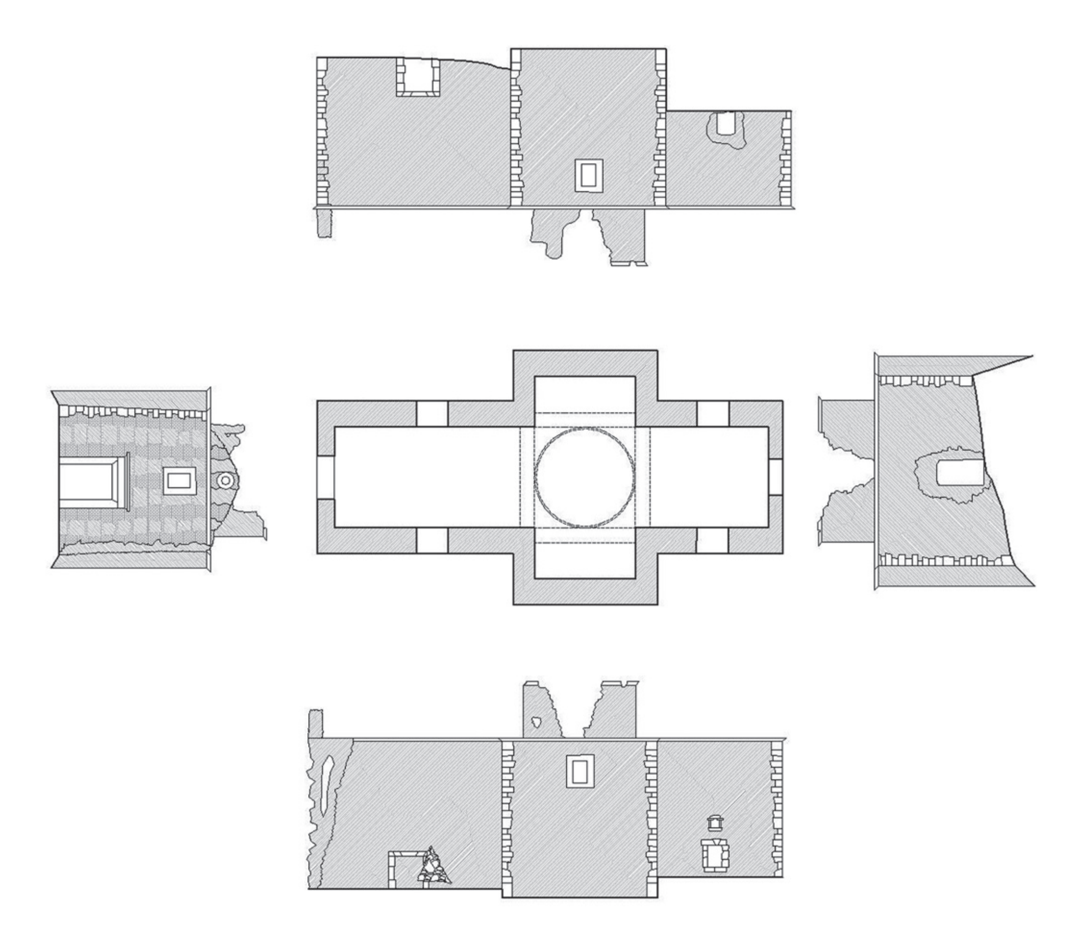


Figura 4
Planta y alzado principal de las ruinas (Jaurrieta, 2015)

tructivos, para recuperar la geometría y características fundamentales de la construcción. Sirve, asimismo, de fuente primordial para las descripciones de materiales y sistemas de la época e intentar reconstruir la definición de lo que se ha perdido en la actualidad.

En dicho documento legal, se especificaba en relación a los muros «Que a de levantar las paredes de ella desde el estado que tienen arriba trece pies y medio que es desde unos dentellones que están formados para la cornisa de yeso por la parte de adentro». A partir de ello también se deduce, que el crucero se cerraba con una cúpula de media naranja sobre arcos de medio punto, y la nave principal, con bóveda de medio cañón.

Cabe destacar, la altura del suelo del altar respecto al resto de la nave principal, ya que aparecen una serie de mechinales a una altura importante, que parecen indicar la posición de un forjado intermedio (figura 5). Bajo este altar se situaba una pequeña cripta, que debería servir para el enterramiento del promotor de la obra. Una de las condiciones del contrato de obras establecía que «a de hacer la bóveda del entierro de dicho señor patrón dándosela vaciada el señor de la obra, dándole la luz […] por la parte por donde mas convenga y sea conveniente al norte o al mediodía, y entiéndase que el señor de la obra de bichean lo ancho largo hondo de dicho bóveda cuanta fuere menester […] lo que fuere necesario vaciar dentro de la iglesia de cerrar por cuenta de el señor de ella […] y lo ha de hacer a regla y cordel y acabado a toda perfección». Las escaleras de subida al altar quedaban pediente de ejecutar cuando se contrató la mencionada obra especificándose en el contrato de obras «que a de sentar las gradas que fueren necesarias en el altar mayor y presbiterio y en las demás penas de los altares y ha de hacer todos los altares de yeso» (García 1997).



Figura 5
Vista del altar (Fotografía del autor)

Descripción constructiva

El estado ruinoso del edificio y el deterioro de los revestimientos, así como el colapso parcial de parte de la estructura muraria, permite la observación directa y la determinación de la composición constructiva del edificio, sin necesidad de calas ni prueba destructiva alguna. Los muros del edificio principal se conforman mediante combinación de diversas fábricas, principalmente mampostería de piedra caliza, ladrillo, silleras o tapias. En la fachada principal, se combinan verdugadas de ladrillo con cajones de mampostería formando el aparejo toledano, con refuerzo de sillería de piedra caliza en las esquinas (figura 6), habiéndose o desprendido o desmontado los sillares de la esquina Sur.

Los desprendimientos en los muros perimetrales permiten intuir que se encuentran construidos mediante una hoja exterior de mampostería seleccionada y una hoja interior de mampostería más tosca para revestimiento en la fachada principal y tapia calicastrada en el resto. Los muros terminan revocándose el interior con un grueso revestimiento de yeso (figura 7).



Figura 6
Fachada principal de la ermita (Fotografía del autor)



Figura 7
Muro sur de la ermita (Fotografía de José Conde Salazar)

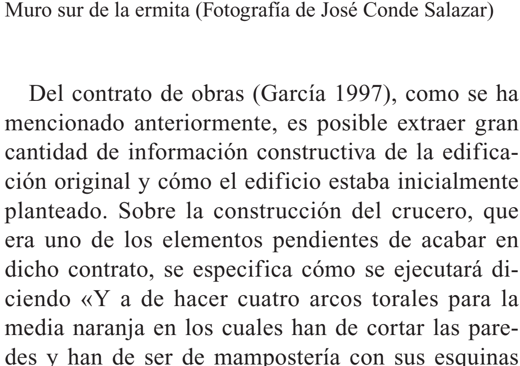




Figura 8
Restos de los arcos y situación del arranque de la cúpula de media naranja del crucero (Fotografía del autor)

Del contrato de obras (García 1997), como se ha mencionado anteriormente, es posible extraer gran cantidad de información constructiva de la edificación original y cómo el edificio estaba inicialmente planteado. Sobre la construcción del crucero, que era uno de los elementos pendientes de acabar en dicho contrato, se especifica cómo se ejecutará diciendo «Y a de hacer cuatro arcos torales para la media naranja en los cuales han de cortar las paredes y han de ser de mampostería con sus esquinas en Piedra labrada y han de tener de grueso de tres pies de alto lo que baste para que quepa bien la media naranja».

En dichos arcos, que se encuentran en pie aunque con los revocos desprendidos, se puede comprobar que están ejecutados realmente con 3 pies y medio de fábrica de ladrillo, colocados radialmente a salvo la parte del centro del arco que se ejecuta a soga (figura 8). La causa de este cambio de aparejo es desconocido. Por otra parte, de las «paredes» que conformaban el cimborrio, apenas quedan algunos tramos sobre los arcos, pero efectivamente, se encuentra ejecutados con mampostería y piedra labrada en esquinas. La esquina sureste del cimborrio, aún posee una pieza de remate de granito, que es probable que corresponda con el alero, con lo cual la altura definitiva del elemento vertical.

De la bóveda de media naranja no ha llegado nada hasta nuestros días, salvo las pechinas, que se encuentran ejecutadas asimismo con ladrillo macizo y mampostería.

Los revestimientos estaban definidos en la condición 12 en el que se detallaban los «que toda la iglesia, Capilla Mayor y cuerpo de ella transparente y sacristía se ha de jarrear a plomo, regla y cordel hasta el arrancamiento y bodegas guardando bien los vivos de pilastras, rincones y boquillas y esto se entiende blanco yeso y negro en toda perfección» (García 1997).

Análisis estructural

Como se ha mostrado anteriormente, el edificio se encuentra en estado ruinoso y los pocos elementos que quedan en pie, están cercanos al colapso. Es por ello que se ha estimado conveniente aportar al TFG que da origen al presente estudio, una aproximación de la situación de equilibrio de la estructura que queda en pie, esto es, los arcos fajones y formeros del crucero y los arranques del tambor de la cúpula.

Caracterización geométrica

Dada la información disponible entre las ruinas de la edificación y la documentación existente, y sin ánimo de aventurar elemento constructivo alguno, se parte de la geometría documentada (Jaurreta 2015) idealizándola y simplificándola, para poder acometer el análisis (figura 9).

Una vez idealizada y simplificada la geometría de los arcos que conforman el crucero, que son los elementos analizados estructuralmente, se ha elaborado un modelo tridimensional CAD, que permite contextualizar los elementos estudiados y completar la información (figura 10).

ARCO FORMERO NORTE

ARCO FORMERO SUR

ARCO PERPIAÑO OESTE

ARCO PERPIAÑO ESTE

Figura 9
Geometría (Dibujos del autor a partir de la información de Jaurreta 2015)

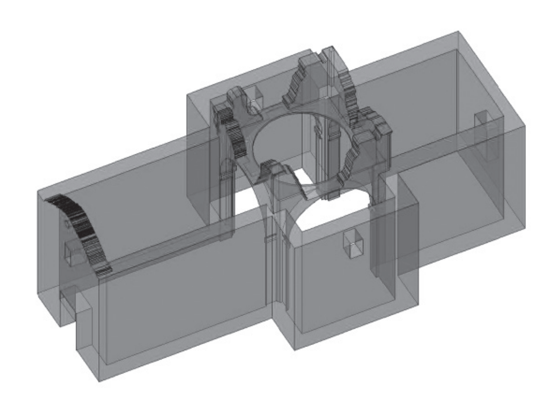


Figura 10
Modelo tridimensional (Dibujo del autor a partir de la información de Jaurreta, 2015)

Hipótesis de carga y caracterización constructiva

Las cargas a las que se encuentran sometidas este tipo de estructuras son fundamentalmente gravitatorias y su origen se encuentra en el peso propio. Cierto es que si la masas son pequeñas las cargas horizontales de origen eólico, empiezan a ser significativas, pero dado que estas estructuras son fundamentalmente masivas, el peso propio es importante, incluso en estado ruinoso como este caso, donde gran parte de la estructura original se ha perdido. Por ello se ha descartado otro tipo de acciones, que no son las gravitatorias de peso propio.

Para determinar los pesos propios es fundamental caracterizar constructivamente la estructura y es por ello que se ha partido del análisis constructivo y



Figura 11
Detalle del arco perpiaño Este (Fotografía de José Conde Salazar)

geométrico anteriormente descrito y se ha estimado los pesos específicos de los materiales empleados a partir de la bibliografía técnica.

Los arcos, realizados con ladrillo macizo se ha estimado en 18,0 kN/m² (Pérez-Gálvez 2009) mientras que la fábrica de mampostería en 24,0 kN/m². La sillería de las esquinas, realizada en piedra caliza se estima en un peso específico de 28,0 kN/m² (figura 11)

Una vez establecida la caracterización geométrica y constructiva, no es necesaria más información para poder analizar el equilibrio del edificio de fábrica. Por ello el levantamiento geométrico y constructivo es toda la recopilación documental necesaria para establecer el modelo de análisis. (Mencías, 2015).

Fundamentos teóricos

El análisis estructural realizado se fundamenta en el Análisis Límite aplicado a la estructuras de fábrica (Heyman 1995; 1999). El estado «real» de la estructura es muy sensible a pequeñísimos variaciones de las condiciones de contorno, y prácticamente es imposible conocerlo. El análisis límite, se concentra en la estabilidad de la estructura que sí se puede establecer con enorme precisión y es insensible a pequeñas variaciones de las condiciones de contorno.

La teoría incluye tres teoremas fundamentales que constituyen la base para el análisis de fábricas. Teorema de la seguridad o del «límite inferior»: Una estructura de fábrica es segura (estable) si es posible encontrar una situación de equilibrio compatible con las cargas que no viole la condición de límite (esto es, las cargas se trasmiten siempre dentro de la fábrica). Teorema de la inseguridad o del «límite superior». Una estructura de fábrica colapsará si es posible dibujar una línea de empujes que, tocando alternativamente el trasdós y el intradós, produce un número de articulaciones que lo convierta en mecanismo, esto es cuatro o más. Teorema de la unicidad: Establece que la carga de colapso de una estructura es única.

Para poder aplicar el Análisis Límite en fábricas, se deben establecer las siguientes tres hipótesis, que en este caso es de aplicación dadas las características de la construcción. 1. La fábrica no tiene resistencia a tracción. 2. Las tensiones son tan bajas que, a efectos prácticos, la fábrica tiene una ilimitada resistencia a compresión. 3. El fallo por deslizamiento es imposible.

La potencia del teorema de la seguridad radica en que esta solución no tiene que ser la «real»; basta con encontrar una solución para demostrar que la estructura es segura. Por tanto, una estructura de fábrica será segura si es posible dibujar una línea de empujes contenida en su interior. Es por ello que una vez determinada dicha línea, la cúpula será segura, según el primer teorema del análisis límite y por ello es fundamental poder dibujar una curva en el interior de la fábrica. En estas condiciones, cuando la línea de empujes es tangente al límite de la fábrica (ya sea la curva del intradós o del extradós en arcos, bóvedas y cúpulas), se produce una articulación.

A partir de estos supuestos, y utilizando la geometría dinámica como herramienta de análisis (Mencías 2014) y empleando los modelos en CAD a partir de los levantamientos existentes, se ha realizado el análisis estructural de los cuatro arcos del crucero.

Resultados del análisis

El peso de cada uno de los elementos en los que se ha subdividido verticalmente las cargas de los muros del torreón, se han asignado sucesivamente a cada uno de los cortes radiales de los arcos. Las cargas asignadas, son francamente asimétricas y oscilan entre la sobrecarga nula en la clave de los arcos, debido al desprendimiento del muro hasta los 115 kN, de algunas áreas en las que los muros son más altos.

La subdivisión de cada arco se ha realizado radialmente, como se comenta anteriormente, de un área

de 12,36 m². Estimando el espesor de tres pies y medio de fábrica, la carga debida a peso propio de cada subdivisión alcanza los 22 kN aproximadamente. Cada arco del crucero está soportando entre 675 y 714 kN, siendo muy similares entre ellos las cargas que están soportando. Incluyendo el peso del arco y los rellenos que gravitan de los muros los pesos totales oscilan entre 917 kN del perpiaño Este y los 756 kN del formero Sur.

Una vez obtenidas las líneas de empujes correspondientes a las cargas anteriormente descritas, se observa que todos los arcos se encuentran en equilibrio (figura 12), pero especialmente el formero Norte presenta una asimetría notable en las cargas. También se observa que deben existir tracciones en la fábrica de ladrillo de los arcos.

Los empujes horizontales de los arcos que los muros que conforman la iglesia, en los que se ha encontrado una situación de equilibrio compatible con las cargas, oscilan entre los 276 kN del formero Norte y los 188 kN del perpiaño Este.

Conclusiones

Las ruinas de la ermita de los Llanos de Hontoba, se encuentra en un estado que puede dar lugar a la pérdida total del edificio. El edificio, desde el punto de vista constructivo, ha sido posible caracterizar gracias tanto a los restos que quedan aún en pie y que permiten la observación directa de las fábricas, como al contrato de obras que se conserva para la finalización de las mismas.

Con todo ello, así como del levantamiento existente realizado por Jaurreta, se ha realizado un análisis geométrico del equilibrio de los arcos del crucero que muestran que los restos del tambor que permanecen en pie son los necesarios para evitar el colapso. La más pequeña modificación de los mismos, dará lugar al colapso de los arcos por falta de equilibrio. Cabe destacar que los restos de los muros que permanecen sobre los arcos permiten equilibrar los mismos, teniendo en cuenta que las cargas sobre los riñones de arcos de medio punto estabilizan y ayudan al equilibrio. En

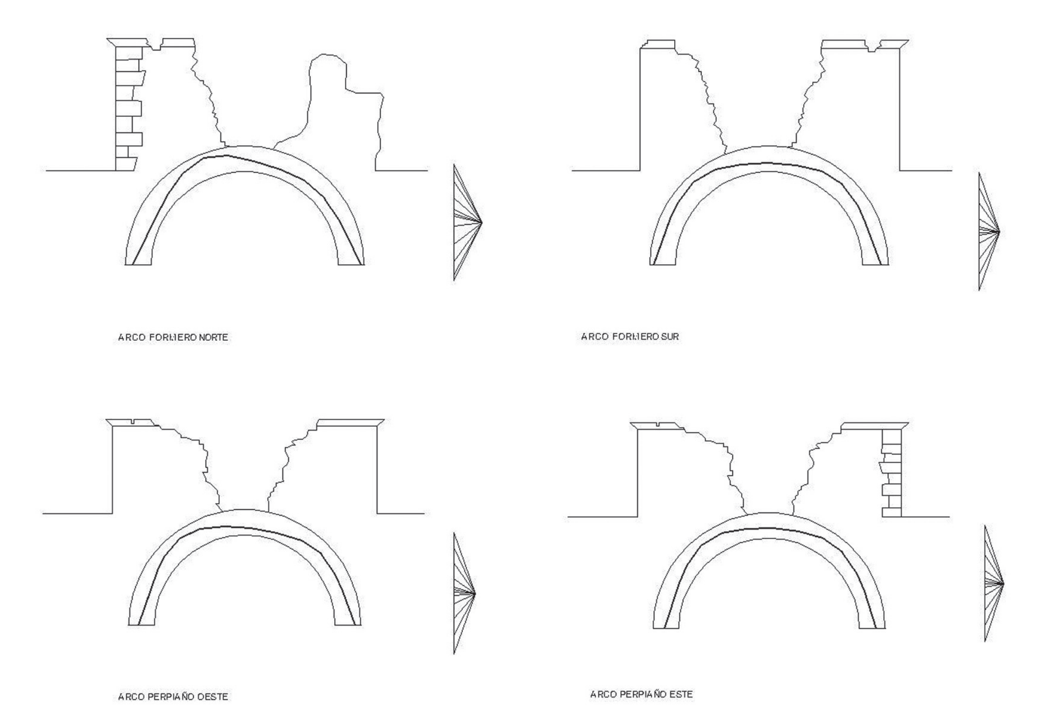


Figura 12
Líneas de empujes de los diferentes arcos del crucero

caso de haber sido de otro tipo de arco, probablemente, no habría llegado hasta nuestros días.

Por último se puede concluir, que dado es necesaria la intervención de extrema urgencia para la consolidación de los muros que permanecen en pie así como de los elementos del crucero.

Notas

El autor de esta comunicación quiere agradecer a la Fundación Juanelo Turriano, el apoyo a este trabajo por medio de la concesión de la beca para la realización de la tesis doctoral.

Lista de referencias

García López, Aurelio. 1990. «Notas sobre la historia de Hontoba». En *Wad-al-Hayara: Revista de estudios de Guadalajara,* 17: 163-86. Guadalajara: Diputación Provincial de Gudalajara, Institución Provincial de Cultura «Marqués de Santillana».

García López, Aurelio. 1997a. «La devoción Nuestra Señora de los Llanos de Hontoba (Guadalajara)». En *Wad-al-Hayara: Revista de estudios de Guadalajara,* 24: 297-306. Guadalajara: Diputación Provincial de Gudalajara, Institución Provincial de Cultura «Marqués de Santillana».

García López, Aurelio. 1997b. «Un documento sobre la construcción de la ermita de Nuestra Señora de los Llanos de Hontoba (Guadalajara)». *Actas del Simposium Religiosidad popular en España:* 1/4-IX-1997. Vol. 2: 351-372. San Lorenzo del Escorial, Madrid: Real Centro Universitario Escorial-María Cristina.

Heyman, Jacques 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica.* Colección de ensayos. Ed. por S. Huerta. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, Jacques 1999. *El esqueleto de piedra.* Madrid: Instituto Juan de Herrera

Jaurreta, Ainhoa. 2015. *Restauración de la Ermita de Santa María de los Llanos de Hontoba*. Trabajo Fin de Grado. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid.

Maldondado, L; F. Castilla y F. Vela. «La técnica del tapial en la Comunidad de Autónoma de Madrid. Aplicación de nuwevos materiales para la consolidación de muros de tapia», *Informes de la Construcción.* Vol. 49, No. 452: 27-38. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC: Instituto Eduardo Torroja.

Mencías, D.; Cassinello, P. y Payá-Zaforteza, I. 2015. «El levantamiento gráfico como herramienta de diagnóstico estructural en edificios de fábrica». *Patorreb 2015, 5º Congreso de Patología y rehabilitación de edificios.* Oporto, 26 – 28 de Marzo, 2015. Oporto: FEUP Edições. 228 – 233.

Mencías, David. 2014. «Verificación de la estabilidad de estructuras de fábrica mediante geometría dinámica». *Sociedad de la información,* 46. Albacete: Cefalea

Pérez-Gálvez, F.; Rodríguez-Liñán, C. y Rubio P. M. 2009. «Determinación de las características mecánicas de los muros de fábrica de ladrillo en la arquitectura doméstica sevillana de los siglos XVIII Y XIX», *Informes de la Construcción*. Vol. 61, No. 514: 19-28. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC: Instituto Eduardo Torroja.

Evidencias de saberes compartidos. Las patentes de invención como fuente para la Historia de la Construcción y testimonio de los intercambios técnicos ocurridos entre México y España, 1890-1910

Vandari M. Mendoza

Desde su origen las patentes de invención son documentos que poseen un propósito divulgativo. No sólo tienen la finalidad de crear derechos de propiedad privada sobre los nuevos conocimientos de aplicación industrial, otorgando a los sujetos o empresas que los ostentan un monopolio para su explotación, también tienen la función social de resguardar los datos y saberes técnicos que contienen para ponerlos en circulación, al alcance de la mirada pública o bajo el escrutinio de las personas interesadas en la materia. Por este motivo, con el paso del tiempo las patentes han formado un enorme y estupendo acervo de información que permite, entre otras cosas, conocer el estado de la técnica en un momento particular del desarrollo tecnocientífico, identificar la participación de diversos actores sociales en las dinámicas de cambio tecnológico y explorar los caminos de la evolución tecnológica.[1]

De la misma manera, las patentes de invención son una excelente herramienta para reconstruir el pasado de muchos campos de la vida social donde los saberes técnicos tienen un papel esencial. Tal es el caso, desde luego, de la Historia de la Construcción, una rama del quehacer historiográfico que puede nutrirse de una infinidad de datos y registros sistemáticos, al mismo tiempo que puede enriquecerse con nuevas miradas, acercamientos e interpretaciones derivadas del empleo de las patentes. Por ejemplo, pueden allanar el camino para explorar aspectos relevantes como la gestación de una nueva técnica o estilo de construcción; la participación de actores desconocidos en la evolución de algunos materiales o herramientas; la manera como las ideas y saberes técnicos viajaron a través del sistema de patentes por contextos regionales, nacionales y continentales. En fin, las posibilidades que abre el tratamiento de las patentes son enormes y están a la espera de la imaginación del historiador.

En consecuencia, con esta ponencia quiero mostrar la relevancia de las patentes como fuente de información y germen de nuevas interpretaciones históricas en la rama de la Historia de la Construcción. En primer lugar sintetizaré los fundamentos, la evolución legal y la composición documental de las patentes, resaltando su vocación divulgativa como vitrina de información técnica, abierta a la expectación pública y dispuesta para compartir los saberes que contiene, así como las posibilidades analíticas que brindan estos documentos en virtud de los conocimientos técnicos que ostentan. En segundo lugar indicaré los elementos útiles que, desde mi óptica, contiene la documentación de patentes para la Historia de la Construcción. Para ello dividiré el análisis en dos ramas que permiten apreciar parte de su riqueza: las patentes como fuente para una historia técnica de la construcción y las patentes como fuente para una historia sociocultural de la construcción. Por último, describiré brevemente las evidencias o testimonios que se derivan de las patentes para identificar y reconstruir los fenómenos de comunicación, intercambio y circulación de conocimientos técnicos. Esto mediante las relaciones que se tejieron entre México y España en la última década del siglo XIX y primera del XX.[2]

Origen, fundamentos y composición de las patentes de invención

De entrada es preciso indicar que el surgimiento de las patentes como un instrumento para proteger la invención tecnológica es relativamente reciente. Fue hasta la primera mitad del siglo XIX cuando muchas naciones instituyeron las primeras reglas formales para administrar y resguardar la actividad intelectual de los inventores con derechos exclusivos, aunque los sistemas de patentes más antiguos se establecieron en Francia y Estados Unidos desde fines del siglo XVIII.[3] No obstante, antes de que esto sucediera, los gobiernos del Antiguo Régimen también protegieron el trabajo de los inventores e innovadores con premios, fueros y privilegios exclusivos. Estos últimos, de hecho, son el principal antecedente de las patentes, aunque respondían a una lógica de concesión distinta. En este sentido, como lo sintetizaron perfectamente Beatty y Sáiz,

> las raíces del sistema moderno de patentes se encuentran en la práctica europea del Antiguo Régimen, de premiar con monopolios exclusivos a quienes introdujeran del exterior o iniciasen nuevas actividades económicas. Desde, por lo menos, el siglo XV reyes y gobernantes de Italia, Francia, Inglaterra, España y otros Estados otorgaron este tipo de «privilegios» para favorecer y proteger nuevas industrias y aumentar la renta y riqueza del Estado. En algunos casos, como en Venecia, la concesión de estos monopolios dependió en mayor medida de la novedad y utilidad del invento o manufactura, mientras que en otros lugares predominó más arbitrariamente el patrocinio y favor del rey. De cualquier modo, durante la edad moderna, en general, se trató más de «privilegios» a la antigua usanza que de derechos, siendo su objetivo principal alentar la introducción y comercialización de nuevas tecnologías provenientes del extranjero, lo que propiciaba más los procesos de innovación que los de invención. La concesión y administración de dichos privilegios rara vez propició códigos legales unificados, lo que significa que se asignaron discrecionalmente, que su alcance fue muy diverso y que sus especificaciones fueron muy vagas (Beatty y Sáiz 2000, 428)

En cambio, durante el siglo XIX el moderno sistema de patentes se configuró en torno a varios fundamentos que se consolidaron mundialmente con la firma del Convenio de París en 1878 y la subsecuente creación de la Unión Internacional para la Protección de la Propiedad Industrial en 1883. Los cuatro principios que legitimaron la existencia del sistema fueron: 1) el derecho natural de los inventores a la propiedad de sus ideas; 2) el derecho de los inventores a obtener una retribución por los servicios prestados a la sociedad; 3) la necesidad social de estimular la creación de nuevas invenciones; 4) la necesidad social de divulgar las ideas, conocimientos o «secretos» contenidos en los inventos.[4] Podemos ver, entonces, que la legitimidad de las patentes resultó de cierta conciliación entre los intereses individuales y sociales. Los dos primeros fundamentos estaban dirigidos a salvaguardar los intereses privados de los inventores mediante la concesión de derechos particulares (de propiedad intelectual y de justa recompensa); mientras que los dos últimos estaban encaminados a proteger los intereses sociales mediante una supuesta proliferación y divulgación de los inventos. La unión de estos principios trajo consigo la confección de un régimen legal que garantizó la propiedad individual sobre las ideas de aplicación industrial, útiles y novedosas, al mismo tiempo que volvió obligatoria su difusión como información pública.

Dicho en otros términos, para salvaguardar los intereses individuales y comunitarios, el pensamiento occidental construyó un sistema de protección que buscaba conciliar dos premisas a primera impresión incompatibles.[5] Al respecto, aunque las patentes de invención se concibieron como instrumentos oficiales para reconocer la propiedad privada sobre ciertos conocimientos e ideas novedosos —los cuales tentativamente se podían materializar en artefactos, productos o procedimientos industriales—, estos documentos se otorgaron con límites estrictos para impedir que, paradójicamente, los inventores se agenciaran tales conocimientos e ideas como un bien privado. En efecto, desde entonces las patentes han avalado un monopolio temporal que sólo resguarda la explotación comercial de las ideas, pero no constituye un estanco para la circulación de los conocimientos técnicos. Es decir, el sistema de patentes reduce la propiedad del inventor a la explotación comercial y temporal de sus ideas novedosas, centrándose en impedir que otros sujetos puedan lucrar con la invención ajena sin autorización de su legítimo propietario, pero no prohíbe que cualquier individuo de la sociedad pueda examinar la información contenida en las patentes o que, incluso, pueda construir los objetos patentados con fines de estudio o experimentación. Más aún, tras el

paulatino desarrollo del régimen de patentes a nivel mundial, esta institución no sólo se limitó a consentir la consulta de la información técnica contenida en los expedientes, sino que ha fomentado abiertamente su divulgación.

De esta forma, desde su origen el sistema de patentes se concibió como una institución que debe difundir públicamente la información técnica que resguarda para cumplir a cabalidad con los fundamentos teóricos que justifican socialmente su existencia. Sólo mediante la divulgación del contenido técnico de los inventos (conocimientos e ideas) se puede conquistar la legitimidad de las patentes como un instrumento de protección justo para los inventores y para la comunidad. Si el sistema no cumple esta función, si la institución se convierte en una entidad hermética, el sistema fracasa en su conjunto al proteger solamente a una de las partes interesadas, cuando menos, hasta que expira la vigencia de los derechos concedidos.[6] Desde esta perspectiva, entonces, la vocación divulgativa del sistema de patentes es el principal fundamento que justifica y legitima socialmente su existencia. Asimismo, gracias a esta vocación las patentes han formado un acervo de saberes técnicos sin parangón, una fuente de información sistemática y en continuo crecimiento para estudiar el pasado y el presente tecnológico.

Por otra parte, cabe destacar que cada patente de invención genera un expediente con una cantidad relevante de documentos que poseen información de diversa naturaleza y alcance. En términos generales, la documentación producida en torno a las patentes es la siguiente: solicitud, descripción, reivindicaciones, dibujos, título de concesión y documentos administrativos. En teoría, todos estos papeles son públicos y uniformes, aunque pueden encontrarse límites y variaciones en virtud del momento histórico y la legislación de cada país.[7] Para el desarrollo de esta ponencia, como lo señalé al iniciar, se consideró la documentación mexicana y española de 1890 a 1910.

En primer lugar la solicitud es un documento redactado por el mismo inventor donde éste naturalmente realiza la petición formal de protección a la autoridad competente, así como una pequeña exposición de su propuesta inventiva. Además, en este escrito regularmente aparecen datos muy relevantes para la historia social. Ahí, por ejemplo, se indica la residencia, profesión, agentes de patentes, testigos y empresas vinculadas al inventor. De la misma forma, en los registros del siglo XIX, cuando las solicitudes no habían sido estandarizadas o no estaban ceñidas a la camisa de fuerza del formulario, los inventores aprovechaban este espacio para realizar un universo de comentarios y observaciones como los esfuerzos físicos, mentales y monetarios que habían realizado para desarrollar sus inventos, las ventajas que sus creaciones podían representar para la industria local e internacional, los antecedentes técnicos que habían superado con sus propuestas e incluso sobre la situación política, económica y social del contexto en el que se encontraban inmersos. En fin, la riqueza y diversidad de las declaraciones en las solicitudes depende de la personalidad de cada personaje.

En segundo lugar la descripción, las reivindicaciones y los dibujos son los documentos medulares de las patentes desde el punto de vista técnico. Ahí se encuentran las ideas y saberes que son objeto de patentación. Por ley la descripción debe señalar de forma clara todos los elementos y relaciones que constituyen la invención.[8] Es decir, se trata de un espacio para codificar y formalizar los nuevos conocimientos e ideas técnicos de manera que sean lo suficientemente explícitos para que un experto pueda replicarlos. Los dibujos, mientras tanto, no solo tienen la finalidad de ejemplificar la constitución del invento, también representan un intento de capturar los saberes tácitos que no se pueden expresar de manera escrita. Por último, las reivindicaciones son unos cuantos párrafos donde se expresa de manera concisa lo que realmente protege la patente. En otras palabras, es donde se declara con total exactitud la esencia del invento.

Finalmente, los documentos administrativos también proporcionan muchos datos de interés para el historiador. Cada expediente puede contener, dependiendo del caso y la naturaleza de la invención, el dictamen de la oficina de patentes sobre la suficiencia o insuficiencia de los documentos presentados; las cartas de oposición realizadas por personajes o empresas que veían lesionados sus derechos; los exámenes de novedad solicitados con anterioridad por el inventor; las resoluciones de comisiones expertas para definir la viabilidad o salubridad de ciertas invenciones; los recibos de las cuotas anuales cubiertas; las asignaciones a terceros de los derechos de patente; y en algunos países, como en España, las constancia de explotación que permitía renovar la pa-

tente tras demostrar que la invención estaba en uso. En suma, cada patente tiene su propia historia o biografía que puede ser reconstruida con los documentos de su expediente.

Aportaciones de las patentes a la Historia de la Construcción

En las últimas décadas la Historia de la Construcción se ha afianzado como una rama del quehacer historiográfico. Una evidencia de esta realidad es la continua celebración de congresos, reuniones y eventos especializados donde se comparten y discuten los trabajos de investigadores provenientes de distintas áreas académicas y latitudes del mundo, así como la creciente bibliografía en la materia, cada vez más rica y compleja. Otro síntoma positivo de su consolidación son los múltiples trabajos que exploran las fuentes de información disponibles para el desarrollo de esta rama de estudios. Dicha tendencia indica que existe un interés latente de nutrir a la Historia de la Construcción con nuevos elementos, más materia prima, distintos materiales que permitan ampliar su edificación. Así, por ejemplo, en una rápida revisión de la literatura especializada se pueden identificar muchos estudios que presentan numerosas fuentes documentales, bibliográficas, materiales, gráficas y artísticas para la Historia de la Construcción.[9] No obstante, dentro de ese amplio panorama, hasta el momento las patentes de invención han pasado prácticamente desapercibidas a pesar de su riqueza.

Para superar esta ausencia se desarrolló este primer acercamiento que busca llamar la atención sobre las posibilidades que ofrece esta fuente de información. Desde luego es imposible desplegar en este espacio todo el abanico de opciones de indagación que se desprenden de las patentes o explicar detalladamente cada una de las evidencias. Por ello, presentaré los principales elementos o aportaciones que se pueden encontrar en las patentes a modo de inventario. Asimismo, para ordenar la información y describir sus aportes, se agruparán las evidencias en dos clases heurísticas. El primer conjunto (fuentes para una historia técnica de la construcción) tiene un carácter más descriptivo, mientras el segundo (fuentes para una historia sociocultural de la construcción) posee una naturaleza más interpretativa. Por supuesto, en la praxis historiográfica ambos grupos se deben vincular para efectuar una Historia de la Construcción más compleja.

Las patentes como fuente para una historia técnica de la construcción

Técnicas, materiales y elementos de construcción.

Las patentes de invención suministran evidencias relevantes sobre el surgimiento y la evolución de distintas técnicas, materiales y elementos de construcción. En el caso de las técnicas, las patentes son una fuente privilegiada porque contienen descripciones detalladas de la porción codificable del conocimiento práctico. Es decir, a diferencia de otras fuentes tradicionales, las descripciones de las patentes señalan la manera como deben hacerse las cosas (un intento de formalizar el know how), aunque después esas indicaciones necesiten la habilidad del inventor para ejecutarse adecuadamente. Esto, sin duda, es muy importante porque permite descubrir la ejecución de ciertas técnicas de construcción, una acción que usualmente es muy complicado rastrear en el tiempo. Por otro lado son abundantes las referencias a nuevos materiales (o variaciones en los existentes) para construir casas, edificios e infraestructura. En el México de finales del siglo XIX e inicio del XX los materiales más frecuentes en la actividad de los inventores fueron el cemento, concreto, asfalto, cal, yeso, tabique, teja, piedra y mármol artificial. Todo esto respondía al interés de contar con materiales adecuados para configurar la nueva fachada de la modernidad mexicana. En este sentido, las patentes nos acercan a las propuestas de distintos elementos constructivos que le dan forma a una época. Así se puede apreciar la presencia de estructuras metálicas, mosaicos, vitrales, bóvedas de concreto, chimeneas, paredes, columnas, persianas y fuentes. Aquí algunos elementos constructivos se asoman por primera vez a través de las patentes para volverse, más tarde, en tendencias dominantes.

Herramientas, máquinas y medios auxiliares para la construcción.

En las patentes también hay muchas referencias de diversas herramientas, máquinas y medios auxilia-

res para la construcción. En este ámbito aparecen herramientas para doblar tubos y varillas, martillos automáticos, aserradores de piedra, artefactos para perforar el metal y la hojalata, cucharas neumáticas para hacer la limpia de los pozos en construcción, aparatos para realizar maniobras de carga, bombas para conducir el agua y toda clase de máquinas para cortar cantera, hacer mosaicos, construir bloques de cemento armado, cepillar el mármol, etcétera. Finalmente, en los medios auxiliares para la construcción usualmente existe una interesante variedad objetos que, a pesar de su sencillez, son esenciales para las obras. Por ejemplo en las patentes mexicanas y españolas se pueden encontrar cuerdas, cubetas, andamios de seguridad y carrerillas de mano para cargar materiales. Todo esto nos acerca a la maquinaria, herramientas y medios de usos cotidiano que se estaban desarrollando en una época para facilitar las construcciones públicas y privadas en los campos, las ciudades, las minas, los puertos y las fábricas.

Artefactos de confort, higiene y seguridad.

Durante el siglo XIX el confort, la higiene y la seguridad se convirtieron en tres deseos centrales de la cultura occidental. Asimismo, el cumplimiento parcial de esta triada de aspiraciones se presentó como una muestra del desarrollo civilizatorio, mientras que su ausencia se considero un síntoma de atraso y barbarie. Por esa razón, no es extraño que muchos inventores se hayan enfocado a resolver estos anhelos apremiantes de su tiempo. En el ámbito del confort se patentaron ascensores, sistemas de electrificación, calentadores de agua, calderas y otros elementos para aumentar la confortabilidad de los edificios y habitaciones. En la esfera de la higiene se registraron regaderas, tinas de baño, retretes automáticos, grifos, coladeras, ventiladores y lámparas que volvían a las casas más placenteras y salubres. Por último, en el campo de la seguridad aparecieron muchas patentes que proyectaban nuevos herrajes, chapas, pararrayos, extinguidores, candados, alarmas de incendios, aparatos para anunciar temblores, sistemas contra ladrones e incluso interruptores de corriente para evitar las fulminaciones eléctricas de personas y animales. En fin, una serie de inventos que nos muestran el perfil de los deseos y preocupaciones de la época.

Las patentes como fuente para una historia sociocultural de la construcción

Los proyectos y preocupaciones de la gente

Como lo hemos visto las patentes de finales del siglo XIX y principios del XX ofrecen muchos datos e indicios para conocer los proyectos, aspiraciones y anhelos de la gente. Regularmente ofrecen un indicativo de los ámbitos materiales que fueron fomentados directamente por los sujetos, no por los grupos de poder económico y político. Por ese motivo pueden servir para reconstruir una serie de técnicas, materiales y máquinas de construcción que permanecen en el olvido, ya sea porque fueron implementados en un espacio limitado o porque nunca se llevaron a la práctica. En ese sentido, es verdad que muchas patentes nunca se construyeron, pero su mera formulación nos dice mucho sobre los «caminos no tomados».[10] Es decir, un análisis serio y concienzudo no debe considerar la ausencia de explotación de algunas patentes como un factor concluyente para desacreditarlas, sino como un incentivo para descubrir por qué, en ciertos escenarios, no existieron las condiciones políticas, económicas y sociales para explotarlas o para concebir inventos redituables.

Los grupos sociales relevantes y sus campos de invención

De la misma manera, las patentes hacen visibles a los grupos sociales que participaron en la invención. Por ejemplo, con el dato de la profesión se pueden identificar a ciertos conjuntos sociales que poseen afinidades muy importantes para inventar y patentar: sus conocimientos técnicos. En el ámbito de la construcción es bastante probable que los ingenieros y arquitectos sean los conjuntos más prolíficos, pero también es posible que aparezcan otros actores como los artesanos o comerciantes entre los grupos que, por su predominio en la cantidad de patentes obtenidas, se convirtieron en entidades relevantes al definir el rumbo de la invención patentada. Por otro lado, la constitución de grupos relevantes en torno a las patentes, regularmente origina la configuración de diversos campos de invención. Es decir, las parcelas de invención más fomentadas por los grupos sociales relevantes. En este sentido, se pueden identificar las aportaciones constantes de ciertos grupos sociales a campos específicos de la construcción.[11]

La distribución espacial y los itinerarios de las invenciones

Finalmente, la distribución espacial y los itinerarios de las invenciones son otro par de fenómenos que se pueden analizar con los documentos de las patentes. Regularmente hay zonas donde se concentra la actividad inventiva, así como sitios donde se generan más creaciones relacionadas con ciertas tecnologías. En este sentido, deben explicarse las condiciones materiales y sociales que originan esas concentraciones. Una geografía centralizada de la invención es un indicio de ciertas realidades demográficas, sociales, políticas y culturales que pueden enriquecer bastante las explicaciones de la Historia de la Construcción. De la misma manera, a través de las patentes se pueden conocer y estudiar los complejos fenómenos de circulación e hibridación de los saberes técnicos. En efecto, las patentes son un lugar privilegiado para observar el desarrollo de ciertas tecnologías de manera simultánea en distintas latitudes, el movimiento de los saberes técnicos en diferentes escalas geográficas, las vías o canales que éstos conocimientos siguen al realizar sus recorridos y las adecuaciones que experimentan mientras viajan hasta adquirir nuevas fisonomías. Así, lo que antes se concebía como simples eventos de transferencia tecnológica, ahora se entiende como procesos complejos que pueden ser muy útiles para comprender algunos estilos y técnicas de construcción que tienen un carácter múltiple, mestizo o híbrido.

Las patentes: testimonios de los intercambios entre México y España

La última variedad de datos aportados por las patentes abre muchas alternativas para identificar y reconstruir los fenómenos de comunicación, intercambio y circulación de saberes técnicos en distintas escalas geográficas. Gracias a los datos que proporcionan las patentes se puede avanzar en la comprensión de los procesos de reconfiguración y adaptación de los conocimientos técnicos cuando están en movimiento. En ese sentido, en un primer acercamiento a los intercambios que se dieron entre México y España de 1890 a 1910, se pueden divisar las siguientes evidencias de las relaciones tejidas entre ambos países a partir de las patentes: 1) la densidad y dirección de los intercambios; 2) las características sociales de sus promotores; 3) los procesos de trasformación y apropiación de los saberes técnicos cuando viajaron; y 4) el impacto de los artefactos resultantes en ambas economías.

En primer lugar, las patentes manifiestan una considerable densidad de intercambios entre ambos países, aunque claramente con un mayor tráfico de España a México. Al respecto, algunos inventores mexicanos registraron sus ideas y conocimientos en el sistema de patentes español buscando conquistar nuevos enclaves comerciales. En esa posición tenemos registro de medio centenar de patentes obtenidas por individuos que desplazaron sus propuestas tecnológicas a España con la expectativa de que sus ideas fueran exitosas en la industria foránea. Mientras tanto, de manera paralela, un grupo mucho más numeroso de inventores españoles patentó más de medio millar de creaciones en México. Por tanto, una primera constatación derivada de las patentes, es la disparidad cuantitativa de los intercambios: México únicamente aportó el diez por ciento de lo que contribuyó España, una situación que debe explicarse en función de múltiples factores contextuales.

En este sentido, las características sociales de los promotores de estos intercambios es un dato relevante para explicar la disparidad cuantitativa en los flujos y aportaciones. Los inventores españoles regularmente eran migrantes que estaban en búsqueda de mejores condiciones de vida, personas emprendedoras que arribaron a México en la segunda mitad del siglo XIX, conocieron los recursos y necesidades tecnológicas del país y pusieron sus manos e ideas a la obra. En otras palabras, formaban parte de una migración cualificada que traía consigo conocimientos que más tarde formalizó en el sistema mexicano de patentes. Mientras tanto, los inventores mexicanos regularmente eran personajes vinculados a la industria, profesionistas que residían en el país y que tenían una firme vocación por patentar en el extranjero. Es decir, formaron un selecto grupo de inventores que querían conquistar nuevos enclaves comerciales con sus propuestas de invención.

Por otro lado, respecto a los procesos de trasformación y apropiación de los saberes técnicos cuando viajaron a través del océano, las patentes muestran algunos indicios importantes. Por ejemplo, en el caso de la máquina desfibradora de henequén (uno de los productos más importantes en la economía del Méxi-

co decimonónico) es posible ver un denso fenómeno de hibridación entre las propuestas tecnológicas mexicanas y las españolas. De manera especial, se verificaron préstamos y apropiaciones de ideas entre los inventores hispanos Demetrio y Manuel Prieto y los mexicanos Estaban Solís y Timoteo Villamor. Además se sabe que los inventores españoles mandaron construir sus máquinas en Barcelona,[12] lo cual intensificó los desplazamientos de saberes entre ambos países. Así, esta constante circulación originó una tecnología mestiza. Las ideas originales atravesaron por un proceso de mutación, apropiación y adaptación que al final de cuentas enriqueció las propuestas tecnológicas.

Por último, respecto al impacto material de los objetos patentados, se puede presumir que las propuestas de los inventores españoles tuvieron una mayor trascendencia en la economía e industria de México. Inventaron máquinas desfibradoras de henequén, procedimientos para la explotación de la minería, molinos de nixtamal y aparatos para la comunicación telefónica. Asimismo, en el terreno de la construcción, los españoles registraron sistemas de construcción de edificios y diversos procedimientos para la realización de techos, cielos y cornisas. Los inventores mexicanos, mientras tanto, patentaron en España con la intención de incursionar en la industria ibérica, pero sus aportaciones fueron más limitadas. No obstante, se debe considerar que sus ideas quedaron registradas en el sistema español de patentes, por lo que pudieron ser consultadas por muchas personas, influir en nuevos propuestas tecnológicas y seguir caminos insospechados que es preciso descubrir.

Es evidente, entonces, que desde la segunda mitad del siglo XIX el sistema de patentes operó como un importante canal de circulación de ideas y conocimientos técnicos. No obstante, todavía falta conocer con mayor claridad el nivel y la trascendencia de estos desplazamientos. Aún se requieren trabajos que permitan valorar el impacto de estos fenómenos en la sociedad, la cultura y la economía local e internacional. Sin embargo, más allá de estas tareas pendientes, es indudable que las patentes son un excelente medio para compartir conocimientos. Son una fuente privilegiada de información, no sólo para los inventores, también para los investigadores que buscan reconstruir la historia de múltiples áreas de la realidad como la Historia de la Construcción.

Notas

1. Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y forma parte de la estancia de investigación postdoctoral «Redes de invención. Intercambios y circulación de saberes técnicos a través de las patentes mexicanas y españolas, 1890-1910», desarrollada en el Departamento de Análisis Económico: Teoría Economía e Historia Económica de la Universidad Autónoma de Madrid.
2. Cabe señalar que las reflexiones que se presentan a continuación surgen del análisis meticuloso de las patentes mexicanas y españolas de 1890 a 1910. La consulta directa de los expedientes de patentes en el Archivo General de la Nación (México) y en el Archivo Histórico de la OEPM (España), así como el registro y la sistematización de la información recabada en una base de datos, me permitió observar la riqueza de estos documentos y pensarlos como una fuente esencial para la Historia de la Construcción.
3. Francia promulgó su primera ley de patentes en 1791, mientras que Estados Unidos lo hizo en 1793. Véase Penrose (1974), Dutton (1984), MacLeod (1988) y Hilaire-Pérez (1991).
4. Veáse Penrose (1974) para un análisis pormenorizado de los postulados del sistema de patentes, así como del origen y evolución de la Unión Internacional para la Protección de la Propiedad Industrial.
5. Véase Sepúlveda (1966) para conocer algunas de las contradicciones del sistema de patentes.
6. Véase Mendoza (2014) para una versión más detallada del sistema de patentes como una vitrina de difusión de los conocimiento técnicos y las implicaciones políticas de esa propiedad.
7. Las patentes de los siglos XX y XXI contienen más información. Por ejemplo, poseen un resumen de la invención, una relación de citas y un informe elaborado por la oficina de patentes sobre el estado de la técnica donde se «reúne la relación de todo lo publicado, ya sean patentes o no, que tenga algún tipo de vínculo con la solicitud en cuestión». Véase Romero de Pablos (2005) para una síntesis de los elementos que existen en los expedientes más recientes.
8. Por ejemplo, el reglamento mexicano de 1903 mencionaba que se debía «describir la invención de una manera completa, clara, exacta y tan concisa como fuere posible, evitando toda clase de digresiones y ciñéndose estrictamente a su objeto; por ningún motivo se deberá intentar dar demostraciones matemáticas, filosóficas o de cualquier otra naturaleza sobre lo que se describa o afirme». Torre (1903).
9. Balsa de Pinho (2007) presentó la riqueza de información que se puede extraer de la documentación admi-

nistrativo-contabilista. Segura Graiño (2005) se centró en la relevancia de los tratados medievales como fuente para la reconstrucción y problematización de la historia de la construcción. Alonso Pereira (2009) realizó un recorrido por diversas fuentes documentales como los tratados, los manuales y cursos escolares, las publicaciones periódicas especializadas, los textos normativos, las memorias de proyectos de construcción y los archivos de empresas privadas.

10. El concepto de «caminos no tomados» fue acuñado por el historiador de la tecnología David Noble para corregir la opinión darwiniana del desarrollo tecnológico, donde sólo las tecnologías *mejores*, *más adecuadas* o *redituables* son las que pueden sobrevivir. Noble (1984).
11. Véase Mendoza (2014) para una explicación más detallada de los conceptos de *grupo social relevante* y *campo de invención*, así como su aplicación en el estudio de las patentes mexicanas de 1832 a 1911.
12. Véase Reyes (1980).

Lista de referencias

Alonso Pereira 2009. «Problemática de las fuentes en la historia de la construcción de la arquitectura española contemporánea», en S. Huerta, R. Marín, R. Soler, A. Zaragozá (eds.), *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Balsa de Pinho, Joana 2007. «Fuentes escritas e historia de la construcción: contribuciones de la documentación administrativo-contabilística» en M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno y S. Huerta (eds.), *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, CICCP, CEHOPU.

Beatty, Edward y J. Patricio Sáiz 2000. «Propiedad industrial, patentes e inversión en tecnología en España y México (1820-1914)», en Doblado, Rafael, Aurora Gómez Galvarriato y Graciela Márquez (Comps.), *México y España ¿Historias económicas paralelas?*. México: El Trimestre Económico.

Dutton, Harold Irvin. 1984. *The Patent System and Inventive Activity Turing the Industrial Revolution, 1750-1852*. Manchester: Manchester University Press.

Hilaire-Pérez, Liliane. 1991. «Invention and the State in 18th-Century France», *Technology and Culture* 32, No. 4.

MacLeod, Christine. 1988. *Inventing the Industrial Revolution. The English Patent System, 1600-1800*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mendoza, Vandari M. 2014. *Las patentes de invención mexicanas. Instituciones, actores y artefactos (1821-1911)*. Tesis de doctorado. Zamora: El Colegio de Michoacán.

Noble, David. 1984. *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. Oxford: Oxford University Press.

Penrose, Edith T. 1974. *La economía del sistema internacional de patentes*, México: Siglo XXI Editores.

Reyes, Candelario 1980. *De cómo y por quién cuenta Tamaulipas con henequenales*. Ciudad Victoria: UAT-IIH.

Romero de Pablos, Ana. 2005. «Gobernanza y gestión del conocimiento: las patentes, un instrumento de estudio», *Arbor. Ciencia, pensamiento y cultura* 181: 333-350.

Segura Graiño, Cristina. 2005. «A modo de inventario de fuentes documentales de la Edad Media para la Historia de la Construcción», en S. Huerta (ed.), *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT.

Sepúlveda, César. 1996. «Nuevas sendas para la Propiedad Industrial». *Revista Mexicana de la Propiedad Industrial y Artística*, Año IV, No. 8.

Torre, Juan de la. 1903. *Legislación de patentes y marcas. Colección completa de todas las disposiciones que han regido en México sobre esta materia, desde la dominación española hasta la época actual*. México: Antigua Imprenta de Murguía.

Los ingenieros arquitectos, Mariano Carderera Ponzán y el puente de Redondela

Rafael Merino de Cos

Ingenieros y arquitectos

Durante el siglo XIX hubo una serie de ingenieros que siendo figuras señeras de la ingeniería fueron también importantes arquitectos, entre otros estaban Carlos María de Castro, Eduardo Saavedra y Mariano Carderera Ponzán.

Carlos María de Castro González; Estepa (Sevilla), 1810 – Madrid, 1893

En 1833 obtuvo el título de Arquitecto comenzando a trabajar en la Dirección de Caminos del Ministerio de Fomento en cuyo cuerpo de Ingenieros de Caminos ingreso en 1835. Durante la década de 1840 trabaja en el acondicionamiento de la carretera Madrid-Irún con la construcción de los puentes de Viñuelas (Madrid) y Bañuelos (Burgos) en 1842, la mejora del paso de Somosierra y la dirección del Canal de Manzanares en 1843, el trazado del telégrafo óptico en 1844 y el itinerario preliminar de la carretera Ciudad Real-Badajoz en 1849. En la década siguiente sus proyectos estuvieron en la ciudad de Madrid en la construcción de la línea de ferrocarril entre Madrid y Aranjuez en 1851, las obras del Canal de Isabel II en 1852 o de la Puerta del Sol, dirigidas por Lucio del Valle (1852-1862), intervino en 1855 en el deslinde de atribuciones de ingenieros y arquitectos. En 1857, el ministro de Fomento Claudio Moyano encargó a Castro el proyecto de ensanche de Madrid (1857, 1859), su replanteo en 1861 e inspección como Vocal de la Junta desde 1864 hasta la caída de la Monarquía, pasando a trabajar, a comienzos de la década de 1870 en la línea de ferrocarril, entre Madrid y Lisboa (Saavedra 1895,10: 73-77).

Eduardo Saavedra y Moragas; Tarragona, 1829 - Madrid, 1912

Ingeniero de Caminos, arquitecto, arqueólogo y arabista español. Aportó importantes obras sobre ingeniería como Lecciones sobre la resistencia de los materiales (1853), Teoría de puentes colgados (1856) e Instrucción sobre la estabilidad de las construcciones (1860). Fue uno de los fundadores de la revista Anales Construcción, En 1857 proyecto el Faro de Chipiona, el más alto de España.

Destacado arabista público: Escritos de los musulmanes sometidos al dominio cristiano de 1878, La Geografía de España de El Idrisí de 1881, Estudios sobre la invasión de los árabes en España de 1892 y La mujer mozárabe de 1904. Entre sus principales trabajos historiográficos sobresale Ideas de los antiguos sobre las tierras atlánticas de 1892.

Descubrió las ruinas de Numancia en 1860 y la vía romana entre Uxama y Augustóbriga mientras trabajaba en el proyecto de carreteras entre Soria y El Burgo de Osma que describió en su libro: Descripción de la vía romana entre Uxama y Augustóbriga 1879, fue presidente de la Real Academia de la His-

toria, Académico de la Real Academia Española, de la Real Academia de las Ciencias, y cofundador y presidente de la Real Sociedad Geográfica de amigos del país.

Mariano Carderera y Ponzán (Huesca, 1846 - Vilagarcía de Arousa, 1916)

Fue Ingeniero de Caminos y Arquitecto, ingresó en el Cuerpo de Ingenieros de Caminos en 1868 y proyectó con D. Miguel Muruve los ferrocarriles de Zafra - Huelva, La sección de Valsequillo a Puente del Arco del Madrid - Burgos y otros puentes y viaductos ferroviarios en toda España, de entre ellos destacamos el viaducto de Pontevedra, en Redondela, del que hablamos en esta comunicación.

Arquitecto de la burguesía madrileña proyecto el palacio del Conde de Campo Giro, el palacete del Vizconde de Roda, la casa palacio del Marqués de Casa Arnau y otros.

También proyecto algunos edificios públicos como la antigua Escuela de Ingenieros de Caminos de la que fue profesor en la calle Alfonso XII y la nueva fachada a Alfonso XII del Casón del Buen Retiro.

Fue Delegado del Gobierno español junto al Sr. Sonier en la inauguración del ferrocarril del Congo y con los ingenieros españoles José de Echegaray y Alfredo Mendizábal fue nombrado para asistir al VI Congreso internacional de ferrocarriles que se celebró en París y a la Exposición Universal del año 1900, junto a Eugenio Saavedra y otros fundo la revista Anales Construcción.



Figura 1
Palacete del Vizconde de Roda c/Españoleto nº16 esquina c/ Fernández de la hoz 1907, actual edificio de viviendas. (Archivo del autor).



Figura 2
Escuela de Ingenieros de Caminos en el Retiro madrileño. (Archivo autor)

Fue Profesor de Arquitectura y Dibujo en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid y entre (1908-1913) ejerció como Director de dicho centro, publico un libro de Taquimetría, unos apuntes de Historia del Arte dejando inéditos un tratado de Arquitectura y otro de Topografía, fue Presidente del Consejo de Obras Públicas.

Puentes ferroviarios metálicos empleados hasta 1884

El cambio fundamental que se produce en el diseño de los puentes en la segunda mitad del siglo XIX se debe al uso de nuevos materiales resistentes, se pasa de la fundición al hierro dulce y finalmente al acero que introducen nuevas posibilidades de uso de las estructuras al aumentar espectacularmente la relación entre la capacidad resistente y el peso propio, además se pudo disponer de materiales moldeables que posibilitaban fabricar cualquier diseño que permitieron avanzar rápidamente en muchos campos de la construcción.

A los puentes metálicos realizados en el siglo XIX les debemos el concepto de estructura resistente que ahora tenemos, uno de índole conceptual, la estructura es pura, clara, sin adornos aparece desnuda en las instalaciones fabriles y en los puentes ya que hasta ese momento la estructura resistente estaba fundida

con otras estructuras funcionales como por ejemplo el cerramiento y otro son los procesos constructivos, el método de construcción está íntimamente ligado a los puentes y que procedimientos tan actuales como es la construcción en avance en voladizo, el puente empujado y otros son logros de aquella época. Las primeras celosías proyectadas por Telford o Brunel son torpes; no acababan de saber bien cómo funcionaba aquello y fueron los ingenieros americanos en los muchos puentes que tuvieron que realizar con la extensión del Ferrocarril hacia el Oeste los que fueron estableciendo los métodos adecuados. Fink, Whipple, Howe, Prat, Warren extendieron sus procedimientos hacia mediados del siglo XIX. Finalmente fue Culmman, destacado por el gobierno suizo a Norteamérica para conocer el trabajo de los ingenieros americanos, el que resolvió de una manera definitiva el cálculo de la celosía metálica en un puente recto de finales del siglo XIX estos puentes utilizan la viga como elemento resistente en los que destaca la flexión como mecanismo principal de transmisión de cargas. La celosía y su unión por roblonado se extiende por el mundo y se utiliza en todas las tipologías de puentes ya sean rectos, en arcos y en los puentes colgados para dar rigidez a flexión a sus elementos estructurales. (Javier Manterola 1984, 7-10)

Puente de Britannia en el estrecho de Maine

El inicio de los grandes puentes del ferrocarril coincidió prácticamente con el empleo del hierro forjado, el primer puente de este tipo, proyectado por Robert Stephenson fue el Puente de Britannia sobre el estrecho de Menai. Este proyecto requería que el estrecho permaneciera accesible a los barcos y que el puente fuera suficientemente rígido como para soportar las cargas ferroviarias. Se proyectó en viga cajón, vigas

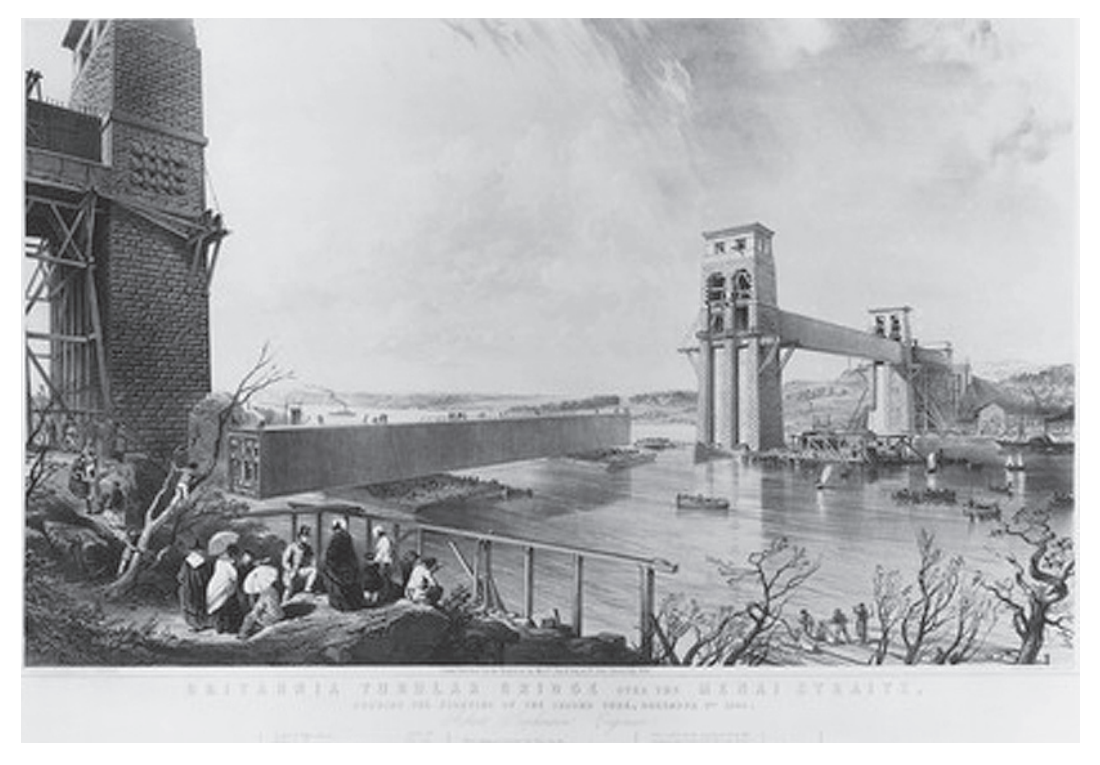


Figura 3
Grabado puente de Britannia en el estrecho de Maine, hacia 1849 en los trabajos de posicionado de vigas mediante barcaza. (Science & Society Picture Library)

de sección rectangular o trapecial de grandes dimensiones, circulando el tren por su interior.

El puente se terminó en 1850, era una viga cajón rectangular continua con cuatro vanos de 70+142+142+70 m de luz, este puente fue uno de los más innovadores de la historia porque además de emplear el hierro forjado emplearon vigas de grandes dimensiones.

La construcción de las vigas del puente Britannia se realizó en las orillas del rio transportándose por este en barcazas hasta la vertical de su posición definitiva, y se elevaron con gatos hasta situarlas a su cota definitiva, como se observa en grabados de época y en figura 3, este procedimiento se ha utilizado posteriormente en la construcción de otros muchos puentes.



Figura 4
Construcción del puente Royal Albert en Saltash sobre el rio Tamar (Hunter 1870)

Puente Royal Albert sobre el rio Tamar

El puente de Royal Albert es uno de los hitos de la ingeniería civil, fue proyectado por Isambard Kingdom Brunel, y está situado sobre el estuario de Tamar, en Saltash en el entorno de Plymouth.

Comenzó su construcción en 1854 con los estribos de sillares, la primera viga se colocó en 1857 después de transportarlas desde el taller situado en las orillas del río hasta la estructura, y una vez allí se izaron hasta llevarlas a su posición definitiva sobre estribos y pila, la obra se terminó en 1859 y fue inaugurada por el príncipe Alberto el 2 de Mayo de 1859.

Para este puente, Brunel utiliza una serie de mecanismos resistentes combinados de difícil análisis. El arco superior y el cable colgado anulan sus reacciones horizontales para dar resultante vertical, en un esquema resistente muy utilizado en puentes de Inglaterra y Alemania en aquella época pero además establece una triangulación entre ellos y utiliza como en otros de sus puentes el tubo en arco como cordón de compresión.

El puente está formado por dos arcos parabólicos con luces de 135,636 m y pila de hierro forjado, los tubos que conforman el arco suspensión, que funcionan a compresión, son de sección elíptica con eje vertical de 3,10 m y horizontal de 5,15 m, los tirantes en forma de catenaria se conforman a partir de chapas anudadas con pasadores para formar dos grandes grupos de cadenas, la flecha de los arcos y los tirantes es de unos 9,5 m. El tablero está formado por vigas de alma llena que cuelgan del arco y las cadenas mediante perfiles verticales, el conjunto se rigidizaba longitudinal y transversalmente por finas barras de hierro forjado que triangulan la estructura. Su longitud total es de 667 m, la pila con base de granito de 8,839 m × 5,182 m y alzado metálico de 57,912 m, para su cimentación a más de 25 m de profundidad se empleó un cajón cilíndrico hermético y hueco de diámetro 11,5 m y una altura de 28 m que fue transportado y hundido en la posición de la pila a la que se accedía en seco para excavar hasta alcanzar el lecho rocoso (William Hunter 1870, vol. 1: 248-251).

El puente del Jarama de la línea del ferrocarril Madrid Aranjuez

La línea del ferrocarril Madrid Aranjuez finalizada 1851 presentaba una tipología de puentes ya en aquella época totalmente superada con el empleo de la madera y la fundición, tanto es así que en el año 1855 una crecida de los ríos Jarama, Manzanares y otros supuso la ruina de los puentes de casi toda línea.

Del folleto publicado en 1851 en el que se describe la línea y su construcción, costumbre de la época, extractamos «Hemos calificado de magnifico el puente sobre este rio y sin temor a aparecer pródigos en nuestros elogios nos atrevemos a decir que sorprende por el atrevimiento de su construcción tanto como deleita por lo aéreo de sus elegantes formas… cúmplenos decir no obstante que por todos conceptos es la obra de mayor empeño de toda la línea. Se com-



Figura 5
Puente de la línea Madrid Aranjuez sobre el Jarama • (G y A 1851)

pone este puente de 3 tramos de 70 pies cada uno: sobre sus dos ligeras pilas y sus estribos, unos y otros de sillería caliza, se apoyan las cerchas curvas de madera que sostienen el tablero y están construidas con el sistema Emmi. Seis de ellas en cada tramo íntimamente ligados por cruces de madera y tubos de fundición, forman un todo solidario de mayor resistencia: El varado de madera y hierros combinados está construido en igual forma que el de los demás puentes de la línea, completado por el calado que resulta de sus aspas, barrotes y pasamanos» (G y A 1851, 11). A finales de 1852 se reemplazaron los cerchones curvos del sistema Emmi por otros del sistema Town.

En 1856 la revista de Obras Publicas analiza los efectos que las avenidas del otoño de 1855 sobre el puente: «En el invierno pasado se arruino por socavación el ángulo aguas abajo del estibo derecho y quedo tan resentida la pila del mismo lado que fue necesario su demolición estableciendo fuertes apeos en una y otra parte para sostener los cuchillos… las ultimas avenidas han arrastrado toda la obra sin quedar de ella más que dos muros laterales del estribo derecho… los tres tramos del puente han flotado sin descomponerse y han quedado encallados en arena». (Anónimo 1856, nº 2: 23-24).

La Maquinista Terrestre y Marítima y la construcción de puentes en la segunda mitad del siglo XIX

Esta sociedad nació de la unión del Taller de reparación de Valentín Esparo y La Sociedad Anónima la Barcelonesa, empezaron con la reparación de obras elementales para pasar a la construcción motores hidráulicos, máquinas para hilados, prensas, bombas y toda clase de piezas de fundición y forja. El crecimiento de esta sociedad se produjo por la implantación de la propulsión por máquina de vapor en la marina mercante y de guerra, la construcción ferrocarril y el desarrollo de la industria textil en Cataluña. En 1868 fabricaron y montaron su primer puente, el de Val de Gurp de la línea del ferrocarril de Francia de 24,200 m de longitud construyendo en 1871 el primer puente de más de 100 m denominado Can Palao en San Juan de las Abadesas de 154 m, el puente de mayor longitud ejecutado por esta compañía fue el de Logroño de 330,81 m construido en 1881, en 1884 comenzaron a fabricar locomotoras (Anónimo 1944, Introducción; Puentes).

	Año	Designacion	Situación	Longitud en metros
1	1871	Can Palao	11,2 San Juan de las Abadesas	154
2	1872	Fernando Puig	Prat rio Llobregat	100.6
3	1878	Rio Ter	48,1 San Juan de las Abadesas	146.5
4	1878	San Quirce	63,6 San Juan de las Abadesas	124.94
5	1878	Roca Figuera	68,2 San Juan de las Abadesas	100.42
6	1878	Llobregat	Prat	120
7	1880	Foix	0,079 MZB	117.6
8	1880	Fraga	Cinca	231
9	1881	Logroño	Rio Ebro	330.85
10	1882	Sampayo	Ría de Vigo	126
11	1883	Francolí	Km 18 d mzb	165.906
12	1883	Redondela	Ría de Vigo	150.1
13	1883	Monzón	Rio cinca	190.88
14	1884	Miño	Miño	107
15	1884	Ripollet	Riera ripollet	102.8
16	1884	Parest	Riera parest	132.415
17	1884	Congost	Congost	201.79

Tabla 1
Puentes de más de cien metros realizados por La Maquinista Terrestre y Marítima hasta 1884
(Anónimo 1944)

El viaducto de Redondela de la línea a Pontevedra

En mayo de 1884 llega, por primera vez el tren a Pontevedra que queda conectada con Vigo y Orense mediante un tramo de 19 kilómetros que sigue la línea de la costa de la ría por la orilla Sur, una vez atravesada la villa de Redondela con un segundo viaducto diseñado como anteriormente comentamos por Mariano Carderera Ponzán y ambos bienes de interés cultural (BIC)

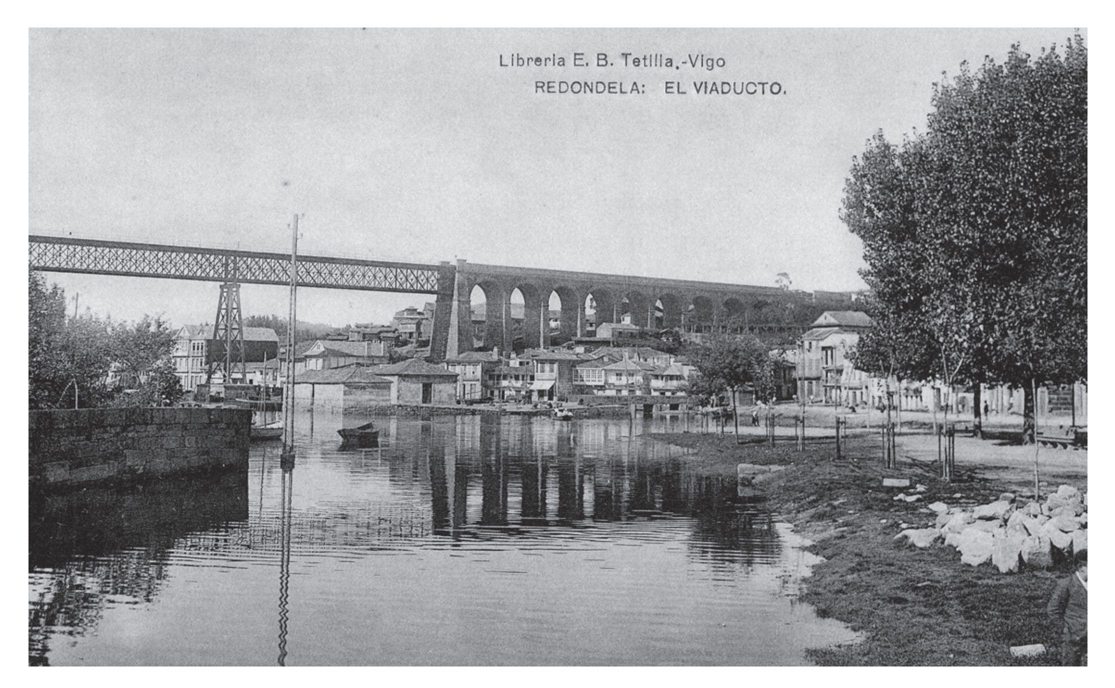


Figura 6
El puente de Redondela de la línea a Pontevedra. (Archivo autor)

Esta comunicación utiliza el proyecto del tramo metálico de E Maristany y Gisbert de La Maquinista Terrestre y Marítima para la Compañía de los Ferrocarriles M.Z.O.V además se conserva un segundo proyecto fechado el 16 de diciembre de 1881 y firmado, junto con otros, por el ingeniero jefe de las líneas en construcción D. Adolfo Gomina y otro documento que justifica las variaciones de aumento de fábricas fechado en Vigo el 15 de abril de 1884.

La cuenca que ha de salvar el viaducto se cruza mediante un puente que en su tramo metálico esta construido por tres vigas continuas de tramos rectos de luces 46+57,5+46 respectivamente que se apoyan en sus respectivos estribos de sillería o pilas metálicas al que se accede por una estructura de arcos de sillería. Este viaducto tiene una longitud total de algo menos de 250 metros, fue fabricado y montado por la Maquinista Terrestre y Marítima como ya indicamos.

La tipología de los puentes de Redondela se corresponde, como la de otros puentes de la época, a tableros formados por vigas de tramos continuos rectos de celosía que sustentan un tablero superior en su parte metálica

Después de 131 años de su inauguración, 1884, el viaducto de Pontevedra sigue prestando servicio. Sobre él pasan Trenes Regionales, el Tren hotel Rías Gallegas, Trenes Media Distancia, un Alvia y varios mercantes a lo largo del día (Adif 2015).

Descripción del viaducto

La longitud total del tramo metálico es 149,5 m divididos por dos pilas con luces extremas de 46 metros y una central 57,5 medidas estas de eje a eje de los apoyos. La altura de las rasantes de los viaductos, sobre el nivel del terreno en el centro de los mismos es de 26,50 m

Las pilas están formadas por un zócalo de mampostería 10 × 5,40 m de sección en su coronamiento y altura variable en cada una con las irregularidades del fondo, en las cual se afianzan por intermedio de cajas de fundición fijas con tornillos

El apoyo de los extremos del viaducto se hace sobre los estribos de mampostería que forman parte de la obra prolongación de la metálica por intermedio de placas de dilatación móviles.

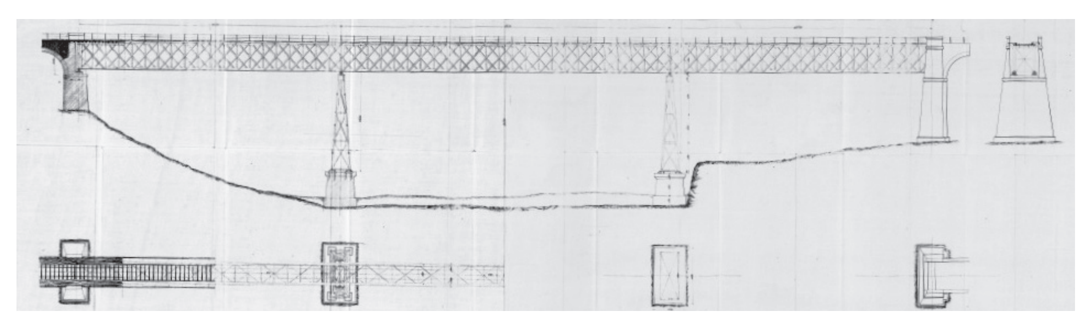


Figura 7
Plano en planta y alzado (Maristany s.f.)

Distribución de la longitud del viaducto del tablero metálico

La longitud total del armazón metálica, es de 150,1 m de los cuales montan sobre los estribos 0,60 m por lo tanto la luz teórica resultante es 149,5 m que se divide en tres tramos de 46, 57,5 y 46 m respectivamente, los cuales y subdividen respectivamente en 20 y 25 recuadros de 2,30 m.

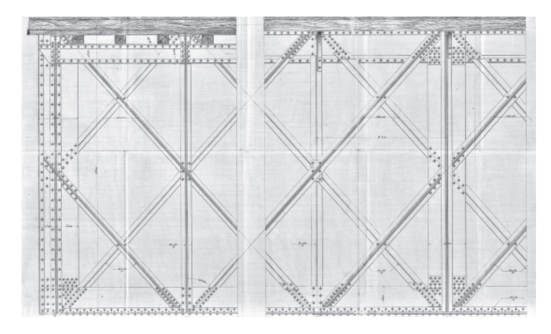


Figura 8
Sección Longitudinal (Maristany s.f.)

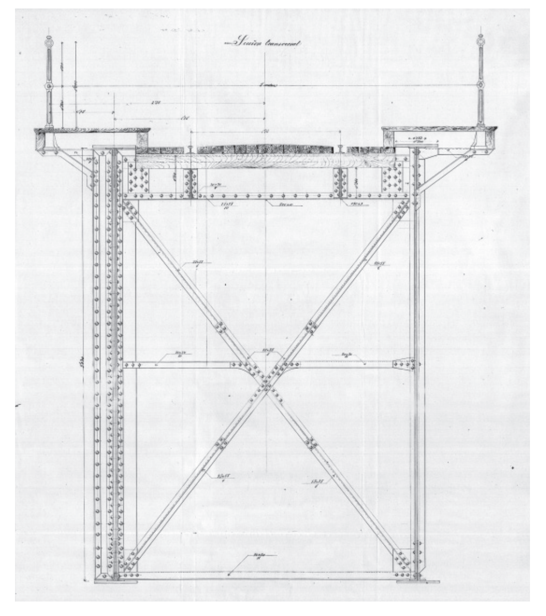


Figura 9
Sección transversal (Maristany s.f.)

Distribución del ancho del viaducto

La separación entre ejes de bastidores es de 3,50 m, en el interior de los mismos y hacia la parte superior de estos se afianzan los largueros sobre los cuales descansa por medio de traviesas la vía. Sobre consolas convenientemente espaciadas sujetas también a la cabeza superior de los bastidores, se afirma un entarimado de madera que constituye la prolongación de los andenes hacia el exterior de los bastidores, la separación entre ejes de las barandillas que protegen exteriormente a los andenes es de 5 metros quedando como espacio destinado a los mismos 1,150 m.

Bastidores

La altura de los bastidores medida en el interior de la chapas es 5,03 m y la teórica de 5,20 m con una incli-

nación de 48º 30´con las diagonales sobre las cabezas. La sección de las juntas de las cabezas están formadas por un alma vertical de 450x13mm, dos escuadras de 90 × 90/13 mm y una plancha horizontal de 500 × 13mm además va reforzado en aquellos en que la distribución de momentos de flexión lo aconseja con planchas de 500×13, 500×10 y 500×14 mm.

El enlace entre ambas cabezas se realiza mediante montantes espaciados 2,30 m en toda la longitud del puente y dos ángulos de 90 × 60/10 mm con excepción hecha de las pilas donde se refuerzan con planchas y escuadras con el mismo ángulo de las reacciones que se desarrollan en estos puntos.

Entre los montantes corre un doble enrejado de celosía roblonado alternativamente en las cabezas.

Viguetas o piezas de Puente

Separadas entre sí 2,30 m están fijadas a los montantes por medio de cartelas sujetas entre las escuadras de los montantes de los bastidores, estas piezas constan de un alma de 500×10 y cuatro ángulos de 75×75/10mm. Los esfuerzos que se desarrollan al paso de las locomotoras se transmiten en parte de las cabezas inferiores mediante un arriostrado vertical compuesto por una cruz de San Andrés cuyas aspas se componen de dos escuadras 55×55/6 mm y dos riostras una formada por dos hierros de 90×90×11 mm que fija las cabezas inferiores y otra 80 × 80×10 mm afianzada a la mitad de la altura de los bastidores.

Largueros

Descansan sobre los nervios inferiores de las viguetas de un alma y dos escuadras.

Andenes

Las consolas que sostienen el entarimado constan de un tirante horizontal fijo a las chapas de las cabezas superiores y un tornapunta sujeto a los montantes del bastidor cada 2,30 m. La carga que gravita accidentalmente sobre el entarimado se transmite por igual por medio de las vigas de madera paralelas al eje del puente sobre los largueros de este y las consolas donde se fijan los montantes entre los cuales corren las varillas que forman la barandilla del andén.

Arriostrado horizontal

Se Fijan las cabezas y nervios inferiores de las viguetas con un arriostrado horizontal con escuadras de 100×70/10 mm asegurándose de esta manera la necesaria trabazón entre los distintos elementos del puente.

Apoyos

La estructura metálica descansa sobre las pilas y estribos por medio de placas de dilatación fijas y móviles convenientemente dispuestas para absorber los efectos que producen las ondulaciones desarrolladas por la flexión en las mismas y las placas a su vez cargan sobre los apoyos por intermedio de placas de plomo en los estribos para compensar las irregularidades de su superficie.

Cálculos justificativos a grandes rasgos realizados E Maristany

Para calculo cabezas de vigas principales la idea era calcular la envolvente de momentos máximos y esfuerzos cortantes

La relación de vanos es 57,5 / 46 =1,25

Carga permanente por metro de longitud:

Hierro	2.400 kg
Madera y carriles	400 kg
Total	2.800 kg es decir 1.400 kg por viga

Sobrecarga por metro de longitud 4.000kg es decir 2000 kg por viga

Con estos valores obtenemos el valor de las constantes

$P \times b2 = 1400 \times 462 = 2.962.400$

$P' \times b'^2 = 2000 \times 46^2 = 4.232.000$

Del Formulario analítico Mr. Bresse obtenemos las funciones que representan:

Envolvente de momentos absolutos debidos sobrecargas

1er Tramo

Entre 0 y $\alpha_2 = 2000 \times (-0{,}456522 \times 46 \times \alpha + 0{,}5 \times \alpha^2)$

Entre α_2 y $\alpha_4 = 2000 \times (0{,}084919 \times 46 \times \alpha)$

Entre α_4 y $b = 2000 \times (-0{,}354881 \times 46 \times \alpha + 0{,}5 \times \alpha^2)$

2º Tramo

Entre 0 y $\alpha_2 = 2000 \times (-0{,}456522 \times 46 \times \alpha + 0{,}5 \times \alpha^2)$

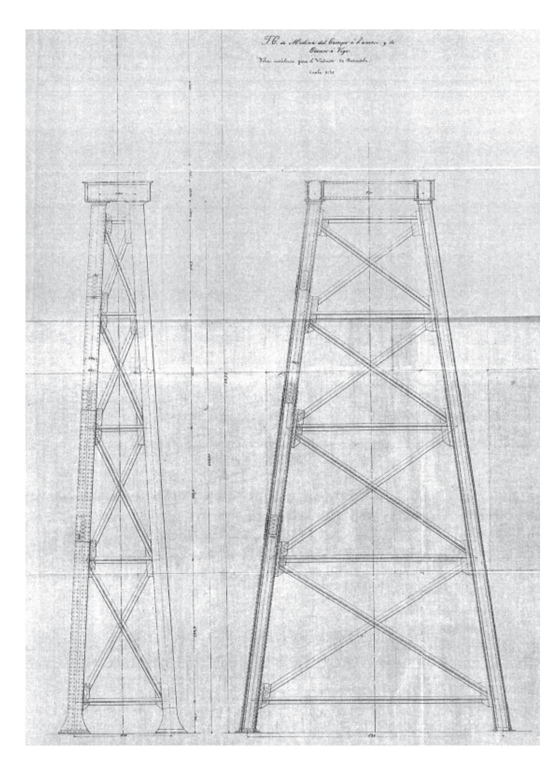


Figura 10
Alzado pila metálica (Maristany s.f.)

Entre α_2 y α_4 $=2000\times(0{,}084919\times46\times\alpha)$
Entre α_4 y
$b=2000\times(-0{,}354881\times46\times\alpha+0{,}5\times\alpha^2)$

Envolvente de momentos absolutos debidos a la carga permanente
Tramo $1=1400\times(-0{,}371603\times46\times\alpha+0{,}5\times\alpha^2)$
Tramo $2=1400\times(0{,}128397\times2116$
$-0{,}025\times46\times\alpha+0{,}5\times\alpha^2)$

Reduciendo las funciones anteriores cambiando los ejes coordenadas mediante las plantillas de ecuaciones $y=0{,}5\times p\times\alpha2$ e $y=0{,}5\times p\times\alpha2$ se calculaba el resto de puntos gráficamente.

La envolvente la obtenían por adición grafica de las calculadas

Calculo distribución cabezas sección constante en mm^2 que resisten:
Sección común
1 alma 450×13
2 escuadras $90\times90/13$
$(0{,}0615485+2\times0{,}0268417)/2515=0{,}000045817$
Que se refuerza
Estribo
1 Tabla 500×13
$(0{,}000045817+0{,}0828346//2528)\times(6000000)=$
471.500 kg

			Abcisas			Calculo auviliar		Momentos
CARGA PERMANENTE	1	1400	0,3716	46	17,0936	-292,1935199	146,09558	- 204.537,12
			0,74321	46	34,18766	-584,390185	584,398048	0
			1	46	46	-786,311948	1058	380.363,27
	2	1400	0,20731	57,5	11,920325	271,688052	-271,66227	0
			0,5	57,5	28,75	271,688052	-413,28125	-198230,4772
SOBRECARGA	1	2000	0,4565	46	20,999	-440,979252	220,479001	-441000,503
			0,7432	46	34,1872	-717,9316102	584,382322	-267098,5767
			0,8796	46	40,4616	158,0540961	0	316108,1922
			1	46	46	-750,928196	1058	614143,608
	2	2000	0,1551	57,5	8,91825	307,0718	-241,8774	130388,8
			0,2592	57,5	14,904	127,385316	-42,1894682	170391,6956
			0,5	57,5	28,75	179,686488	-413,28125	-467189,524

Tabla 2
Resumen cálculo de puntos de las envolventes (Maristany s.f.)

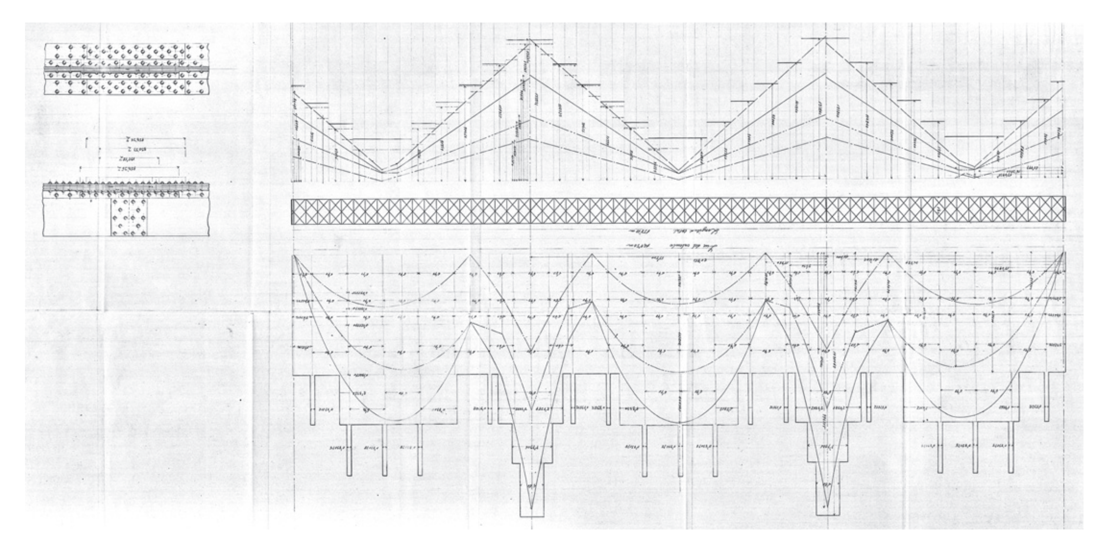


Figura 11
Envolvente de momentos y cortantes (Maristany s.f.)

Centro 1er tramo
2 tablas 500 × 13
(0,000045817 + 2 × 0,0828346/2541) × (6000000) = 667.790 kg
Primera pila
2 tablas 500 × 13
1 tabla (500 × 10 + 500 × 14)
(0,000045817 + 0,32279/2565) × (6000000) = 1.030.068 kg
Centro 2º tramo
1 tabla (500 × 13 + 500 × 14)
(0,000045817 + 0,17279782/2542) × (6000000) = 682.866 kg
La distribución del resto de planchas se hacía gráficamente

Calculo diagonales. Se calculan los esfuerzos cortantes producidos por carga permanente y sobrecargas a partir de intervalos de las ecuaciones anteriores.

Calculo montantes sobre pilas. El esfuerzo que se transmite es 103.415 kg y sección resistente:
1 Planchas de 700 × 1 3 = 9.100
2 Testeros de 240 × 10 = 4.800
6 Escuadras de 75 × 75/9 = 7.614
2 Pasamanos de 160 × 13 = 4.160
Total = 25.674 mm^2
Coeficiente trabajo 103.415/25.674 = 4,04 kg/mm^2

Calculo montante sobre estribos. El esfuerzo que se transmite es 65.930 kg y sección resistente
1 Planchas de 600 × 13 = 7.800
1 Planchas de 240 × 10 = 4.800
4 Escuadras de 75 × 75/9 = 5076
2 Testeros de 90 × 90/12 = 4.342
2 Pasamanos de 160 × 13 = 4.160
Total = 26.178 mm^2
Coeficiente trabajo 65.930/26.178 = 2,52 kg/mm^2.

Para calcular las viguetas se prescinde del arriostrado inferior, se consideran simplemente apoyadas siendo la reacción en los puntos de apoyo de los carriles de 8.876 kg al paso de una locomotora de 36.000 kg que sobre una sección 4.102 mm^2 obtenemos un coeficiente trabajo 2,16 kg/mm^2.

Para cálculo de los largueros de 2,3 × 0,35 × 0,007 m apoyados en sus extremos. El momento máximo en el centro al paso de una locomotora serán (6000 × 2,3)/4 = 3.450 kgm, una inercia 0,000129519 esto da un coeficiente trabajo 4,68 kg /mm^2.

Para el cálculo de las consolas consideraban el peso de 4 peatones por metro de longitud, un tirante horizontal de sección 75 × 75 × 8 y el tornapuntas de sección 75 × 75 × 9, calculamos coeficientes de trabajo 0,39 y 0,41 kg/mm^2 respectivamente.

Para roblonado se utilizaban roblones de 23 mm de diámetro colocados cada 128,22 mm

Para cálculo de las juntas de las cabezas el esfuerzo máximo de flexión se produce en el recuadro segundo hacia el centro desde la pila (667.800)/5 = 133.540 kgs y se reparte sobre 92 roblones calculamos coeficiente trabajo 133.540/(92 × 415) = 3,49 kg/mm²

El esfuerzo transmitido en unión cabezas con el alma por este recuadro en el inmediato es (994.500-64.800)/5 = 69.300 kg luego el esfuerzo transmitido por sección compuesta es:

2 Escuadras de 90 × 90/13 = 4.342
1 Alma de 450 × 13 = 5.850
2 Planchas de 500 × 13 = 6.500
1 Planchas de 500 × 10 =5.000
Total = 21.692 mm²

Que transmite a la cabeza 69.300 kg × (15.842/21.692) = 50.590 kg que se soportan 40 roblones.
Coeficiente trabajo = 50.590/(40 × 415) = 3,05 kg/mm²

Uniones de almas: los coeficientes de trabajo máximo se producen en la unión de las diagonales con las cabezas

Diagonal 1 7.694/(6 × 415) = 3,09 kg/mm²
Diagonal 2 12.769/(8 × 415) = 3,85 kg/mm²
Diagonal 3 y 4 22.864/(14 × 415)= 3,93 kg/mm²
Diagonal 5 28.090/(16 × 415) = 4,23 kg/mm²
Diagonal 6 33.330/(18 × 415) = 4,46 kg/mm²

La reacción vertical sobre pila es 406,5 T, el peso propio estimado 33 T y el esfuerzo de rozamiento según eje es 0,12 de la carga vertical 48,78 T y una acción máxima debida al viento estimada 270 kg /m² que supone 22,70 T.

En el remate la carga total se reparte sobre los dos asientos de placa a razón de 203,25 kg/asiento y esta sobre dos vigas a 1m de luz, un momento flexión 101,63 × 1/4 = 25,41 Tm e inercia 0,003592 el coeficiente trabajo (0,02541 × 0,5)/ 0,003592 = 3,529 kg/mm²

Planchas de costado y tornillos para la fijación de estas (101,62/2) × 0,6 = 30,489 kg el coeficiente de trabajo en sección proyectada es (30,489 × 0,5)/3,592 = 4,24 kg/mm²

El esfuerzo cortante máximo 12.500 kg lo que supone coeficiente trabajo 12.500/(k × 60²/4) = 12.500/(2.827) = 4,43 kg/mm2

Talud de las almas se considera 8º 50' con vertical.

Las compresiones en dirección de las almas verticales es: 101,625/ (cos 8º 50') = 102.860 kg por lo que se necesita una sección compuesta de 2 placas 2 × 450 × 18 = 16.200 mm² y 4 escuadras 4 × (100 × 100/13) = 9.724 mm² lo que supone 25.924 mm² y Coeficiente trabajo compresión (102.660/25.924) = 3,970 kg/mm² y coeficiente trabajo flexión que se produce en el recuadro inferior ((25.000 × 142.00)/(2.800 × 0,988)) /25.924 = 4,95 kg/mm².

Arriostrados verticales y horizontales: Se han calculado las diagonales para equilibrar por si solas como máximo el esfuerzo cortante horizontal y el deducido del equilibrio del sistema considerado como empotradas en la sillería de pilas. Las secciones se refuerzan para asegurar un trabajo de menos 5 kg mm² en resistencia flexión por compresión.

La placa de asiento sobre mampostería es un cuadrado de lado 1.150 mm, tiene una superficie de 1.322.500 mm² y el coeficiente de trabajo de la mampostería 101,625/1.322.500 = 0,076 kg/mm²

Momento de estabilidad Ac = 439,5 × 2,34 = 1028,43 Tm y el momento de giro se alcanza en el punto más desfavorable Bc = 48,28 × 17.339 = 845,84 Tm

Los coeficientes de trabajo obtenidos debían ser inferiores a 6 kg /mm², valor contrastado por práctica.

El viaducto de Madrid

Se conoce como viaducto Madrid el que atraviesa el valle de Redondela por el suroeste. Este viaducto forma parte del antiguo trazado construido por la compañía de Medina a Zamora y de Orense a Vigo (MZOV) entre Vigo y Orense, cuya inauguración tuvo lugar en junio de 1881.

El primer documento en el que se recoge esta infraestructura ferroviaria es la Memoria del trazado y obras de arte: viaductos y túneles del Ingeniero de Caminos Francisco Javier Boguerín, nacido en Madrid el 1 de diciembre de 1824 y fallecido en la misma ciudad el 2 de julio de 1886. Boguerín, fue dos veces diputado a Cortes por el distrito de Redondela. El proyecto de los tramos metálicos fue realizado y ejecutado por Parent Schaken Hovel & Caillet, luego renombrada como Compagnie des Fives Lilles. En agosto de 1877 termino la construcción del viaducto

Figura 12
Viaducto de Madrid, al fondo Viaducto de Pontevedra (Archivo del autor)

y unos meses más tarde se llevaron a cabo las pruebas de resistencia del viaducto, haciendo circular y parando en el mismo un convoy formado por una locomotora y 22 vagones cargados de hierro. El viaducto Madrid tiene una longitud, en su parte metálica, de 256 metros, a los que hay que sumar 156 metros de los tramos de acceso construidos sobre arcos de cantería. La estructura metálica construida a modo de viga, sostiene la plataforma o tablero sobre la que se encontraba la vía férrea. Para salvar el valle, este entramado de celosía de hierro es soportado por cuatro grandes pilares de cantería que dejan cinco vanos de luces 51+51+52+51+51 metros. (Nardiz, Cañadas 2002, nº3428: 27-29)

Este viaducto permaneció en servicio hasta 1971.

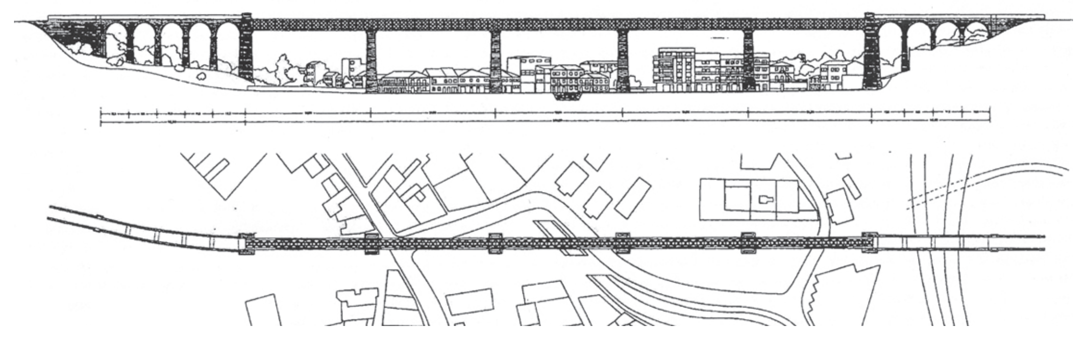


Figura 13
Viaducto de Madrid Plano de planta y alzado (Nardiz, Cañadas 2002)

Lista de Referencias

Adif 2015. Tabla de horarios y servicios.

Anónimo. 1856. *Revista de Obras Públicas* 2: 23-24. Madrid: Colegio ICCP.

Anónimo. 1944. *La Maquinista Terrestre y Marítima 1856-1944. Introducción y Capitulo Puentes.* Barcelona: Seix Barral hermanos SA.

G y A. 1851. *Manual del ferrocarril Madrid a Aranjuez.11.* Madrid: Imprenta del Semanario Pintoresco y de la Ilustración.

Hunter, William. 1870. *A Complete Theatise on Cast and Wrought Iron Bridge Construction.* Vol I Text 248 a 251, Foto s.p. London: Lockwood & Co, 7 stationers' hall court Ludgate Hill Third edition

Manterola Armisén, Javier. 1984. «Evolución de los puentes en la historia reciente». En *Informes de la Construcción.* Vol. 36, n.° 359-360, abril-mayo, 5-36. Madrid: CSIC.

Maristany y Gibert, E. s.f. *Proyecto Constructivo del Ferrocarril de Medina del Campo a Zamora y Orense a Vigo Viaducto de Redondela.* Manuscrito. Archivo autor.

Nardiz Ortiz, Carlos y Cañadas Mercado, Miguel. 2002. «La restauración del 'Viaducto de Madrid' en Redondela (Pontevedra)». En *Revista de obras públicas*, 3428: 27-37.Madrid: Colegio ICCP.

Saavedra Moragas, Eduardo.1895. «Don Carlos María de Castro». *Revista de Obras Públicas,* 10: 73-77. Madrid: Colegio ICCP.

El bahareque como uno de los sistemas constructivos utilizados en las misiones jesuitas en el siglo XVII

Karina Monteros Cueva

La orden jesuita durante su establecimiento en América del Surfundó misiones en territorios de los actuales países de Brasil, Paraguay, Chile, Argentina, Colombia, Perú y Ecuador. Tomando el nombre de las provincias jesuitas de las cuales dependían. Las misiones mejor conservadas son las de Chiquitos en Bolivia ya que de las otras solo quedan algunos indicios de su existencia, o los poblados que surgieron a partir de su presencia.

Las reducciones fundadas también se las conoce con el nombre de misiones, que viene del latín misio que significa enviar, y es referido a las acciones de evangelización, es decir los viajes que realizan los religiosos para difundir la religión(Parejas y Suárez 2007,51-52).Las reducciones de pueblos no eran una exclusividad jesuita, ya los franciscanos habían logrado conformar pueblos reducidos mucho antes. Sus características fueronser poblaciones autosuficientes, con acceso a fuentes de agua, implementación de talleres productivos, con desarrollo agrícola y ganadero en algunos casos. Practicaron un régimen comunitario, y aunque se intentó incorporar un modo de vida europeo, muchos valores culturales se respetaron, así como varias de las tradiciones autóctonas.

La parte nororiental de la región amazónica del Ecuador y Perú desde principios del siglo XVI recibió la designación de provincia de Maynas. Desde 1559, los jesuitas del colegio de Quito habían intentado diez ingresos a esta región sin obtener buenos resultados, solo es hasta 1637 los jesuitas pudieron establecerse en la zona (Santos 1990, 137).Muchas tribus pasaron a vivir en un sitio definido; de esta manera se facilitó la difusión de campañas masivas de evangelización, a la vez que preparaban a los indígenas a defenderse de incursiones internas y externas que eran comunes en este tiempo, más aún cuando estaban ubicados en regiones de frontera. Los jesuitas entendieron que el componente artístico y cultural era necesario para persuadir en sus valores socioculturales, que seguían siendo concretos y míticos, por ello fue necesario imponer un arte oficial y hegemónico en todas las manifestaciones posibles, siendo el nuevo orden general el barroco(Parejas y Suárez 2007, 206).

Existieron dificultades en el proceso de evangelización sobretodo para convencer a los indígenas de vivir reunidos en un solo pueblo, «vestirles, cuando su costumbre era vivir desnudos, construir las primeras chozas, limpiar la selva para los cultivos, organizar la nueva vida, iniciar la instrucción, aprender los nuevos principios morales, construir la iglesias y organizar el pueblo con nuevas autoridades y orden» (Bravo 1998,41) de manera que las misiones vinieron a consolidarse y expandirse con el tiempo a lo largo del río Amazonas.«La estrategia usada por los misioneros para acercarse a los indígenas fue la de atraerlos con regalos como hachas, cuchillos y anzuelos» (Uriarte, 1778: 128) para posterior a ello reducirlos.

El carácter efímero de la arquitectura ribereña desarrollada en Maynas tuvo que ver con las dificultades de acceso y el hostil clima del sitio que no per-

mitió que estas edificaciones se conserven. En las cartas de temporalidades que reposa en el Archivo Nacional de Quito, se hace referencia a las haciendas productivas y colegiosque dejaron los jesuitas,y a 32 misiones que quedaron al momento de la expulsión.

Urbanismo Misional

Los jesuitas fueron acoplando el modelo de implantación de reducciones en función de las necesidades de la población sometida, las condiciones de la topografía, las factibilidad de vías de comunicación, así como a las tradiciones culturales de los reducidos, combinado todo esto con la enseñanza religiosa y un estricto ordende tipo militar que primó en ellas.El programa de acción debió entonces apoyarse en el conocimiento de las costumbres y forma de vida de las poblaciones, comprendiendo sus universos míticos a través de la convivencia, aprendizaje del idioma, respeto a sus tradiciones, para luego pasar a la socialización de la doctrina y convencerlos de vivir en un solo lugar, solo ahí se empieza a generar la traza urbana, en donde los espacios vitales y simbólicos de la misión contemplan los valores de esta nueva realidad.

Para el año de 1640, las reducciones comenzaron a concentrarse territorialmente y adoptaron un aspecto urbanístico más definido. Aquellas precarias estructuras edilicias, fueron sustituidas por construcciones permanentes. Las maderas tratadas y trabajadas tomaron mayor importancia que el tronco apenas desbrozado. Los techos de los edificios fueron recubiertos de tejas, las paredes pasaron de la tierra y del barro al ladrillo y los bloques de piedra. En los años de transición entre el seiscientos y el setecientos, y en los siguientes, se desarrolló la tercera y definitiva fase de la evolución urbanística y arquitectónica, en la cual las reducciones tuvieron nuevos avances (Armani 1982, 99). Sin embargo en el caso de la región de Maynas las construcciones desarrolladas fueron sencillas sin poder evolucionar a una tercera etapa como en otras regiones.

Los principales componentes urbanos de la misión se van a generar a partir de una gran plaza que concentra toda la actividad de la misión, se considera el punto de partida y el elemento ordenador del espacio urbano, frente a ella está la iglesia, el cabildo, el colegio, los talleres, viviendas, capillas y cementerio. La plaza misionera, reúne a todas las actividades religiosas y civiles a diferencia de lo que sucede en España, en donde las plazas mayores son claramente civiles (Gutiérrez 2012, 29).

Las viviendas son unifamiliares y de un solo ambiente, ordenadas generalmente en hileras de edificios rectangulares de un solo piso; de unas sesenta metros de largo por seis de ancho, rodeadas por cornisas de un par de metros de anchura que formaban un reparo óptimo contra el sol y la intemperie. Cada vivienda tenía una puerta de entrada de un lado y una ventana del otro, y medía normalmente cinco metros por seis. Servían para morada, cocina y dormitorio. (Armani 1982 ,102). Son estancias independientes y alineadas, que formaban cuadras separadas unas de otras por calles que desembocaban siempre de forma paralela a la plaza, mientras que en la parte posterior desarrollan un huerto.

La implantación de las viviendas es características de la traza misionera, ya que cada vivienda es un módulo de distribución de manzanas conformado por la casa colectiva inicialmente y por la secuencia de casas posteriormente de manera que no existen manzanas con solares de propiedad individual (Gutiérrez 2012, 29) sino manzanas que tenían entre seis y doce unidades de estas células. Siendo esta una característica de las reducciones: la ausencia de manzanas cuadradas y de una trama en retícula.

También las reducciones contaban con astilleros, cabildo, los rastros o mataderos, trapiches, molinos, olerías, tejerías, ubicados junto a tierras que les permitan tener un sitio para el horno de cocción y galpones de depósito (Gutiérrez 2012, 35).

No se debe olvidar la presencia de capillas, que tenían diversas advocaciones, unas eran posas, otras de Betania, y otras simplemente tenían la función de servir de velatorios, las cuales se ubicaban junto al cementerio y fueron conocidas como capillas de Miserere.

La sacralización del espacio va a ser el eje conductor que regirá el trazado urbano y la forma de vida en la mision, con ello se consolida el poder absoluto y controlador que tiene la compañía, para adoctrinar a los pobladores por lo que el conjunto urbano se convierte en el modelo a utilizar en todas las misiones.

Desde el punto de vista morfológico, se presenta el siguiente orden: plaza de grandes dimensiones, manzanas rectangulares (hileras) en donde están implantadas las viviendas que replican la tipología construc-

tiva y formal a menor escala de la iglesia y los sistemas de producción.

Aunque los componentes urbanos —templo— plaza —conjunto urbano— van a ser constantes en las misiones jesuitas, existen diferencias entre una y otra reducción, lo cual dependerá de la cultura y tradiciones de la etnia reducida por lo que la implantación urbana va a responder a una realidad geográfica concreta; así en Maynas va a primar un sistema de implantación lineal, ribereño, que aún lo utilizan varias etnias de la región debido a que su canal principal de comunicación es el fluvial. El modelo guaraní va a ser más evidente en las reducciones de Moxos y Chiquitos, en Bolivia.

El Sistema constructivoen Maynas

Aunque las etnias realizaban sus construcciones para viviendas,estas fueron provisionales, tomando lo que la naturaleza les proporcionaba: «En todas partes hallan materiales para sus casas, que se componen de palos gruesos por pilares, de varas para la armazón del techo y de hojas de palma para cubrir la fábrica. Cada uno es carpintero y hace por sí mismo lo necesario hasta dejar su choza perfecta» (Chartré y Herrera 1901, 67). Cada etnia tiene sus propias características y realizan construcciones usando plantas circulares o rectangulares, pero siempre usando un solo espacio comunal en donde se realizan todas las actividades.

Según la descripción del jesuita Juan Mangnin en cada poblado lo que primero se edificaba era la iglesia, «de construcción simple pero decente, hecha de madera y de palma, frecuentemente pintadas de diversos colores, previstas de altares de imágenes y santos y de ornamentos que convenian al pais y a sus habitantes» (Bravo 1998,106). En el templo,la madera esusada como elemento estructural, mientras que las paredes son utilizadas como divisorias o limitantes de un espacio, para lo cual utilizaron tierra entretejida con carrizo, conocido como bahareque, sobre el cual se colocaba el revoque que es un barro blanqueado con caolín que hace que el muro no se distinga del muro de adobe o tapial en cuanto a apariencia.

Por las condiciones de humedad que presentó la selva amazónica los materiales fueron renovados con periodicidad. De acuerdo a las descripciones de cronistas, usaron varios sistemas constructivos derivados del uso de tierra, en otros casos construyeron las iglesias con tarapotos, que es una especie de palma de cuyo tronco en abriendo y apartando el meollo, se hacen unas como tablas que sirven parar cercar las casas. «Debido al clima y las fuertes lluvias estacionales, estos muros no fueron apoyados directamente sobre el suelo, sino que se utilizaron unos palos o estantes para sobre-elevar la edificación y evitar no solamente que se inundase, sino que el agua afectase las paredes revestidas con barro. Una vez terminadas las paredes, se enlucían con barro y enjalbegaban con yeso» (Negro y Marzal 2000, 195).

El padre Uriarte fue uno de los cronistas religiosos que describe a estas misiones, indica que ante la frustración de falta de materiales constructivos se intentó fabricar ladrillos en la reducción de Santiago de la Laguna para poder concluir su iglesia, sin conseguir los resultados esperados «mandó a hacer ladrillos cuadrados con barniz blanco y negro, como jaspes para el presbiterio, después se intentó enlosar de tablas de cedro, con división de sepulturas toda la iglesia, traer cal y tejas para el techo y paredes de fuera» (Uriarte 1986, 183), pero la arcilla era de tan mala calidad que se quebraba, por lo que no se pudo realizar otro tipo de construcciones sino similares a las autóctonas del lugar. La elección del material tenía que ver con la cercanía o no a las riveras de ríos o zonas inundables. En la Amazonía se puede encontrar diferentes microclimas que dependerá de cuán próximo o no está el territorio de la cordillera de los Andes, situación que era conocida por lo indígenas, por esta razónusarán sistemas de aislamiento y protección del agua, así como sistemas de aislamiento de calor y protección contra los animales.

Una de las maderas utilizadas en sus viviendas, y que es la más mencionada por Uriarte es el cedro, especialmente para la elaboración de altares, muebles, puertas y ventanas. Además utilizaron la palma quitibe, conocida como palma moriche, para cubrir las techumbres, y el bejuco que es una especie de liana para atar la madera.

Con la estructura erigida, se procedía al techado con hojas de palma La construcción de la gran techumbre aseguraba a la vez la posibilidad de continuar las obras de los cerramientos en tierra, protegidos de la lluvia(figura 1).

Para el estudio de la estructura ha servido como un gran referente la arquitectura de madera en las misio-

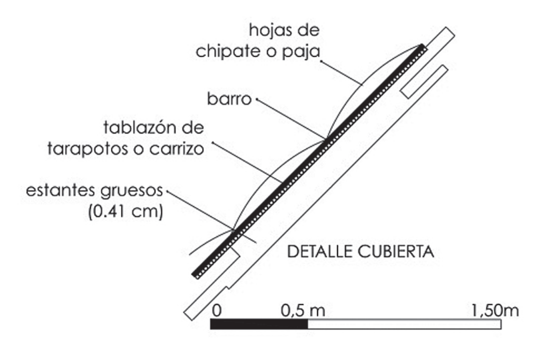


Figura 1
Detalle de armado de cubierta. Elaboración, autor: 2013

nes jesuíticas de Chiquitos, y las descripciones constructivas de Manuel Uriarte encontrando similitudes en el sistema constructivo, por lo menos en sus etapas iniciales. Lo que primero se realizaba era la limpieza del terreno, se regulaba el mismo y luego se replanteaba a cordel el trazado del plano, «primero se terraplena como dos varas» (Uriarte 1986, 228). Luego, se procedía a levantar la estructura portante que consistía en un esqueleto de madera formada por pilares, tirantes, estribos, cuchillos y cabríos. Los pilares tenían la particularidad de estar hincados al suelo, solución con el tiempo daría problemas de pudrición en la base, debido a humedades. El empotramiento de los pilares ayudaba a la estabilidad de la estructura (Rodríguez 2010, 173).

De forma longitudinal, a las columnas de madera se colocaban las soleras del largo de cada tramo, para luego proceder a la colocación devigas que servían de tijeras. «El alto del techo era de 4 varas, con vigas labradas o lisas a azuela a distancia de 0,42cm o media vara» (Uriarte 1986, 229). Sobre los pares o tijeras se colocaba un entramado de caña que servía de cama, sobre la cual se coloca finalmente las hojas de palma o paja.

Las puertas se hacían cepillando tres tablas de a tercio de ancho y dos varas y cuarto de alto, a la de los lados se les hacia canalete y a la del medio filos y hueco la de los lados con que entraban a mazo en medio y tenía tres traviesas cavadas la tabla con tarugos de madera y eran finísimas en su alcayatas de hierro (Uriarte 1986, 229). La utilización de clavos se evitaba por la dificultad de traerlos desde Quito usando empalmes y pasadores de madera.Así mismo las ventanas, se cerraron con barandas torneadas, y protegidas con bastidores de abrir con lienzo por los zancudos y mosquitos (Uriarte 1986, 229).

En cuanto al modo de hacer el bahareque para cerramiento se explica que el vano se llena con tierra apisonada, preparada tres días antes por los indios, mezclada con los pies, remojada a menudo con agua, y bien empastada con paja. «La anchura de estos muros no sobrepasa la de un palmo, pero blanqueadas con la tierra blanca como arena, son suficientemente bonitas y arregladas»(Uriarte 1986, 229) (figura 2).

Para el armado de la estructura de madera que soporta el muro se utilizó una serie de elementos verticales llamados pie de amigo o pie derecho en madera, que van fijos a otros horizontales llamados soleras, y con otros elementos inclinados entre ellos

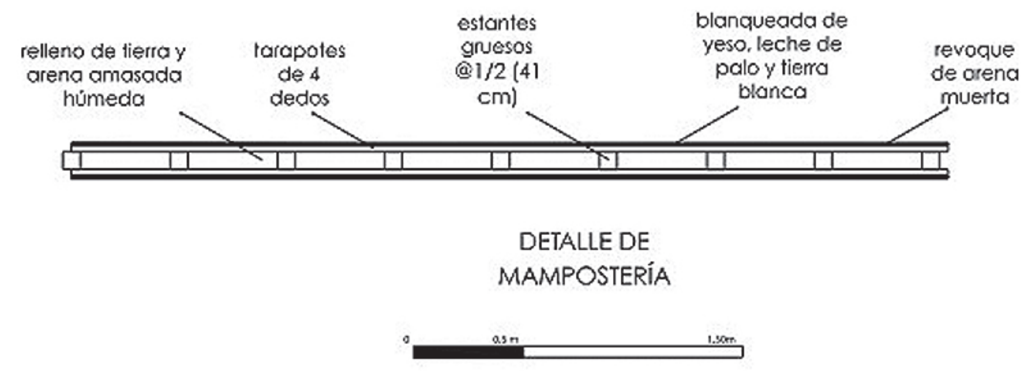


Figura 2
Detalle de tabique de bahareque sobre datos de Manuel Uriarte. Elaboración, autor: 2013

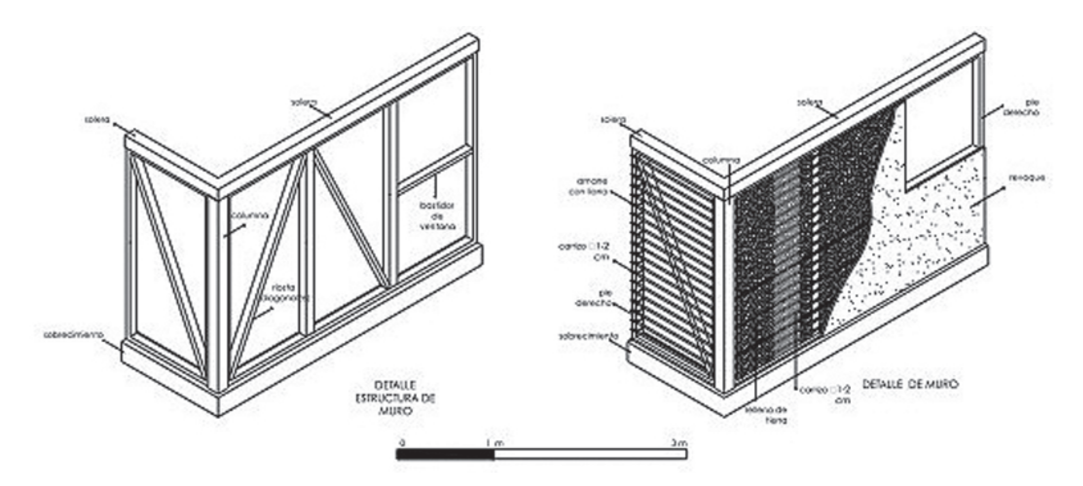


Figura 3
Detalle de armado de estructura de madera que soporta la pared de bahareque. Elaboración: autor: 2013

llamados riostras, formando un marco estructural que soporta aceptablemente las exigencias estructurales (figura3).

Los pies derechos generalmente son de guaduas de 12 cm de diámetro promedio, los cuales deben situarse a distancias iguales que pueden variar entre 30 cm, y un máximo de 40 cm, y una vez plomados se clavan a las soleras inferior y superior, que pueden ser de madera aserrada o guadua, y rigidizados por medio de riostras, habitualmente también de guadua.

Existen diferentes tipos de bahareque, que puede ser a través de muros macizos o huecos, siendo los macizos aquellos realizados por guaduas rellenas con tierra, y huecos, cuando no tienen relleno.

De las reducciones en Maynas no queda ninguna huella debido al carácter efímero de sus construcciones, así como por el uso de materiales que al contacto con la humedad son perecibles como la madera, las constantes reubicaciones de las misiones, la carencia de agricultura debido a las condiciones de terreno con baja fertilidad, el crecimiento de los ríos y afluentes del Amazonas que cambian de cause obligando a nuevas fundaciones, y las grandes distancias que debían recorrer los jesuitas por inhóspitos territorios, son algunas de las causas de la desaparición física de estas misiones.

La característica constante en las construcciones misionales en Maynas va a ser la sencillez de sus iglesias y de sus unidades de vivienda, tal es el caso de la misión de Santa María de Guallaga de la cual se describe a su iglesia como «buena, de baharequecon pintura de tierra colorada sobre la blanca, ornamentos razonables que los Padres les han acomodado y campanas, imagen de Nuestra Señora» (De Figueroa 1986, 197).Así mismo la misión de San Pablo de los Napeanos, se indica que fue implantada en un sitio «muy alto y llano, con una arena blanca como cal, tenía una hermosa plaza, y en centro la iglesia muy capaz, de tres naves, distinguidas de tres filas de columnas de a mas de a doce varas de palo fuerte y oloroso, las paredes de bajareque, blanqueadas, con sus diez ventanas grandes enrejadas de tarapotos, que imitan al hierro, con su presbiterio de tres gradas y en altar las imágenes de la Virgen del Rosario y San Pablo con su espada, buen pincel y su sacristía capaz de buenos ornamentos» (Uriarte, 1986, 230).Estos relatos confirman el uso del bahareque como material predominante en sus construcciones.

En la actual Amazonía ecuatoriana conviven varias etnias contactadas entre ellas la Shuar que tiene en común con las misiones jesuitas el uso de madera para sus construcciones utilizando un esqueleto de madera portante que sostiene a una subestructura de maderala cual es forrada con tablas. Esta técnica deja espacios huecos que permiten el paso de aire para mantener frescos los ambientes que, por la ubicación de la zona, tienen excesivo calor**.** Generalmente, la estructura o entramado se construye con cuartones de



Figura 4
Vivienda Shuar en la amazonía ecuatoriana (I. Herrera, 2010)

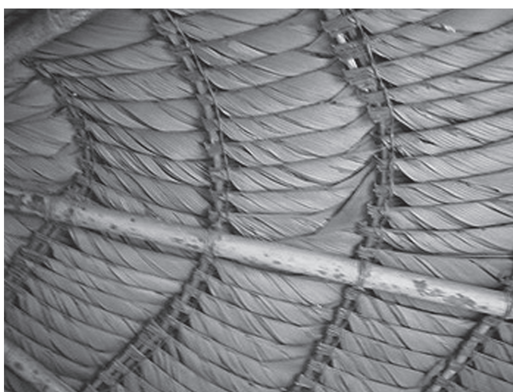


Figura 5
Cobertura de cubierta con hojas de palma en vivienda shuar en la amazonía ecuatoriana (I. Herrera, 2010)

madera de chonta de 2” × 4” con los parales situados a distancias promedio de 30 cm. Adicionalmente, se instalan parales horizontales a una altura modular. Las chontas son atadas con fibras vegetales, generalmente no usan clavos para los anclajes (figura 4).

La construcciónshuar inicia siempre con la estructura de madera, para lo cual las columnas centrales son enterradas a una profundidad de 80 cm, dejando en la parte superior unas horquetas que sirvan para contener los travesaños. Luego se van armando los postes perimetrales que van definiendo la forma de la planta que puede ser circular, ovoidal o rectangular.Las paredes generalmente se hacen con tiras de chonta de aproximadamente 8cm a 10cm, las mismas que se colocan en forma vertical, para sujetar estas paredes, se ubican tiras trasversales a los pilares de la estructura, haciendo agujeros a los mismos.Las tiras de chonta van sujetas a estos elementos con fibras vegetales de distinta forma. Por lo general no existen paredes interiores.

También llamadas por los Shuar «Tanish», estas paredes en particular se estructuran como una persiana en vertical formando una barrera desde el exterior al interior, y a la vez transparentando la visual hacia el exterior y sobre todo dotando de iluminación hacia la vivienda.Son tablillas de chonta partida, que tienen dos lados uno cóncavo y otro convexo, ubicadas con la parte cóncava hacia el exterior, o sea, la parte donde se encuentra el corcho, después de ser este desplazado, da la forma de tirilla.

Como material de cobertura, se utiliza las hojas de turuji y de kampanak, pero el más utilizado es la hoja de terem que son variedades de la hoja de palma, que luego de recolectarla se la hace secar. Para la colocación las hojas se van tejiendo de dos en dos, amarradas con una fibra vegetal, y son sujetadas a las tirillas, en varias capas, esto evita que el agua traspase como se aprecia en la imagen (figura 5).

Exite similitades respecto al sistema constructivo utilizado en Maynas con las etnias que habitan en la actualidad en el Oriente ecuatoriano y el sistema utilizado en las misiones de Chiquitos, ya que en los tres casos lo que pimero se arma es la estructura portante con orcones de madera que son enterrados en la tierra y fijados en el suelo para darle solidez y estabilidad al edificio lo que permitió tener mayores luces hacia el interior. Sobre esta estructura se asienta la techumbre y finalmente se rellenan los vanos con el uso de barro o madera.(figuras 6 y 7).

Sin duda el aporte de la población indígena tuvo varias connotaciones, pero el constructivo es el más evidente. Los jesuitas aprovechan estos conocimientos ya probados para realizar las principales construcciones de la misión. Los modelos entonces empiezan a tener variantes y en ocasiones se simplifican.Se habla de una fusión indígena-religiosa pero se puede afirmar que los indígenas aportaron el conocimiento empírico que tenían del bosque subtropical. El aporte de los misioneros estuvo en la aplicación de técnicas constructivas y en el embellecimiento de los árboles,



Figura 6
Tabique chiquitano utilizado en las construcciones de las actuales viviendas en San Ignacio de Velasco en Chiquitos (Autor, 2012)



Figura 7
Viviendas de la misión de Santa Ana en Chiquitos (Autor, 2012)

una vez transformados en columnas talladas en estilo salomónico, como dictaba el arte barroco.(Lasso 2010, 301).

«Los indígenas sabían por experiencia que las maderas de cuchi (Astronium urumdeuva) no se pudren al ser enterradas, y por tal motivo fueron utilizados estos árboles para la construcción de la estructura de las iglesias. Grandes horcones o columnas de madera de cuchi eran enterrados hasta cierta altura, de manera que estos horcones posibilitaban la formación de una nave central y dos laterales sin necesidad de apoyos, con lo cual se lograban un espacio diáfano y amplio» (Lasso 2010, 305). Esta madera es utilizada en la actualidad para las construcciones y armado de columnas debidamente labradas. En el caso de Maynas los jesuitas respetanel conocimiento ancestral en el ámbito constructivo e incorporan el mejoramiento de sus construcciones dando nuevas posibilidades de diseño y aplicación: vivienda, iglesia, cabildo, escuela, capilla, incorporación de carpinterías como puertas y ventanas más decoración pictórica en fachadas en la iglesia principalmente.

Conclusiones

Aunque la extensión territorial abarcada en Maynas es mayor a lo ocurrido en la Chiquitanía, los resultados van a ser muy diferentes. En Maynas se redujeron cerca de 40 etnias, fundando 88 misiones en un período de 130 años en un territorio que abarcó la región amazónica de Ecuador, Perú, Colombia y parte de Brasil, de las cuales no queda ninguna. En el caso de Chiquitos, en igual período de tiempo se fundaron solamente once misiones, de las cuales seis subsisten y han sido protegidas al ser declaradas como patrimonio cultural en 1990.

En la región amazónica se mantiene el sistema de asentamiento lineal ribereño, pero no como herencia misional, sino debido a que fue desde un inicio la forma de desarrollo urbano y comunicacional que mantuvieron las etnias.

De igual manera se puede hablar del uso del sistema constructivo maderero y bahareque en las etnoconstrucciones actuales en la amazonia, debido a que fue el sistema constructivo que los jesuitas adoptaron en misiones asentadas en poblaciones orientales de Napo, Pastaza y Baeza, poblados que conservan el nombre de las misiones, pero no por ello se puede aseverar que tengan origen misional.

Las etnias reducidas en la amazonia tenían viviendas provisionales con los materiales antes descritos, pero carecían de puertas, no se preocupaban de la propiedad privada, tampoco de tener un orden en las viviendas, ello vino con la presencia jesuítica y el establecimiento de pueblos de misión. El aporte estético dado por los jesuitas permitió que estas sencillas construcciones sean decoradas con pinturas y tallados de madera en el interior, a nivel constructivo el uso de madera y tierra va a ser utilizado en nuevas tipologías, mientras que a nivel urbano loa jesuitas lograron introducir un modelo en las reducciones.

Aunque el baharequees descrito por lo cronistas como el sistema más utilizado en las primeras etapas constructivas de la misión, no es el único, también se usó el tapial, el adobe y en otras regiones incluso la piedra. Lo que va a ser constante es el uso del sistema portante de madera incrustado en el suelo que aún sigue vigente en algunas poblaciones de la región oriental del Ecuador. La característica principal de este materialva a ser el periodo de vigencia de la construcción el cual dependerá de las condiciones de clima en donde está emplazado, y si es usado como muro exterior o interior. Esa fue la principal razón por la que no queden vestigios de estas misiones.

En la actualidad este sistema constructivo tradicional es considerado como de bajo costo y de corto tiempo de ejecución, es utilizado en las zonas rurales de la serranía ecuatoriana aunque su uso es más como pared divisoria por ser más liviano que el adobe o tapial. En la amazonia es utilizado el sistema portante de madera pudiendo utilizar tablillas de relleno o barro como paredes envolventes.

Lista de Referencias

Armani, Alberto.1982. *La ciudad de Dios y ciudad del sol. El «estado» Jesuita de los Guaraníes (1609 – 1768)*. México: Fondo de Cultura Económica.

Bravo, Julián. 1998. *Descripción de la Provincia y Misiones de Mainas en el Reino de Quito.* Quito: Ecuador: Biblioteca Ecuatoriana Aurelio Espinosa Pólit.

Chantré y Herrera, José. 1901. *Historia de las misiones de la compañía de Jesús en el Marañón Español.* Madrid: Imprenta A. Avrial.

De Figueroa, Francisco y otros. 1986. *Informes de Jesuitas en el Amazonas*. Perú: Editorial Hac – Ceta-Iquitos.

Gutiérrez, Ramón. 2013. *Historia Urbana de las reducciones jesuíticas sudamericanas. Continuidad, rupturas y cambios (siglos XVIII – XX)*, e-book.

Lasso, Isidro. 2010. *Historia de una Relación: Chiquitanos, Cruceños y jesuitas en el escenario de la Gobernación de Santa Cruz de la Sierra*. Loja: Editorial UTPL.

Negro, Sandra y Manuel Marzal. 2000. *Un reino en la frontera. Las misiones Jesuíticas en la América Meridional*. Quito: Editorial ABYA- YALA.

Parejas, Alcides y Virgilio Suárez.2007.*Chiquitos. Historia de una utopía*. Santa Cruz: Universidad Privada de Santa Cruz de la Sierra.

Rodríguez, Manuel.1684. *El marañón y el Amazonas. Historia de Descubrimientos, entradas y reducciones de naciones, trabajo malogrados de algunos conquistadores y dichosos otros, así temporales como espirituales en las dilatadas montañas y ríos mayores de América*. Madrid: Imprenta Antonio González.

Rodríguez, Wilson. 2010. *Arquitectura de madera en las Misiones jesuíticas de chiquitos (Bolivia) del siglo XVIII y sus orígenes prehispánicos y europeos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Santos, Fernando. 1992. *Opresión Colonial y Resistencia Indígena en la Alta Amazonía*. Quito, Ecuador: CEDIME.

Uriarte, Manuel. 1986. *Diario de un Misionero en Maynas*. Perú: Monumenta Amazónica.

El revestimiento y la ornamentación como medio de protección de la construcción pobre en nuestros monumentos árabes: la Alhambra de Granada

Susana Mora Alonso-Muñoyerro
Pablo Fernández Cueto

Así como en otros sistemas constructivos, se ha dado poca importancia a los revestimientos, como a las «capas de sacrificio» en tantas fábricas históricas; sin embargo, en nuestros monumentos árabes, han sido protagonistas. El interés se centró en el aspecto formal, decorativo, aunque éste revestimiento cumplía una misión fundamental formando parte del sistema constructivo, que sin él hubiera estado desprotegido. Porque además, sus materiales considerados pobres, no eran apropiados para permanecer vistos.

Es por eso que tiene importancia la intervención de Rafael Contreras cuando, al ser nombrado «restaurador adornista» de la Alhambra de Granada, reproduce yeserías que se encontraban incompletas. Dice que no se habían reparado antes, aunque el modelo lo tuviera al lado, por desconocerse el procedimiento de ejecución. Y dice haberlo hallado, pues parece haber encontrado en almacenes de la Alhambra moldes de arcilla y madera que servían para reproducir elementos por módulos. Y de ello se queja el Marqués de Vega Inclán con carta el 2 de mayo 1913 al Excmo. Sr. Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, donde refiere así a los nuevos ornatos, a los revestimientos de ataurique y alizares que una vez sacados y vaciados en los talleres, se repasan, se liman, se atormentan, se afilan sus aristas y luego se colocan «plus beau que nature».

A lo largo de este trabajo pretendemos repasar estos sistemas constructivos y su influencia en la restauración arquitectónica. Esto será coartada preciosa cuando se busca reproducir el sistema (siguiendo a Viollet). Pero en realidad lo que hace es buscar la imagen por medios más cómodos y baratos (restauro stilístico).

La saga de los Contreras y los criterios en el cambio de siglo

Rafael Contreras es nombrado restaurador adornista de la Alhambra de Granada en 1847. Continúa con el trabajo considerado «de fortificación» iniciado por José, su padre, en 1829. Unos años después Rafael escribe «no era nuestro propósito llevar las restauraciones hasta el caso de pintar y dorar con la exuberancia que lo hicieron los árabes; porque sostenemos con respecto a la restauración de las obras de arte la opinión, de conservarlas hasta donde sea humanamente posible y después que la obra se cae rota o pulverizada, reponerla, cubriendo el hueco con otra semejante para que la nueva sujete a la antigua que se halla expuesta a desaparecer también».[1]

Y en ese sentido critica las restauraciones del Alcázar de Sevilla, de 1843, en las que se completaron las labores de madera que se habían perdido con adornos vaciados en yeso: «Estos quebradizos y sucios remiendos, colocados en los cuerpos movibles de las puertas producen fatal impresión en todo el que siente la pureza y propiedad con que deben elegirse los materiales de las restauraciones. Así como a nadie se le habría ocurrido recomponer con madera un objeto de bronce, tampoco puede admitirse reparar con yeso ornamentos de madera».[2] Asimismo se refiere a las restauraciones

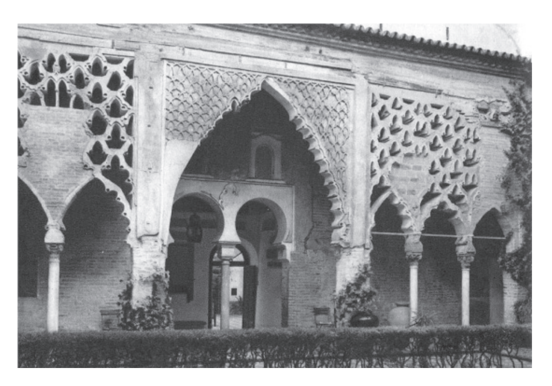


Figura 1
La intervención en el Patio del Yeso, hoy desaparecida (La Comisaría Regia de Turismo en la Alhambra de Granada, 1914)



Figura 2
Interior del Salón de Comares, donde se observan las reintegraciones de las *lacune* (Fuente: autores 2013)

«últimas» del Patio de Muñecas, con «ornatos finísimos procedentes del Palacio árabe de Granada…». Rafael Contreras critica los traslados de elementos, las descontextualizaciones, los cambios de posición de inscripciones y adornos, como los efectuados en 1843 en los antepechos y celosías del segundo cuerpo del citado Patio de Muñecas.

Pero, como en tantos otros ejemplos, al llevar a la práctica los trabajos de conservación, aparecen las autenticas dificultades. Sobre todo el problema de la coherencia entre el criterio teórico y las soluciones concretas; la enorme dificultad de poner el límite, de saber donde quedarse, donde parar…en la intervención. Las dificultades prácticas que, además de los criterios teóricos de unidad de estilo, llevaron a las restauraciones exageradas, donde el valor documental inherente a los sistemas constructivos, estaba prácticamente olvidado.

Todo ello llevaría a la interesantísima intervención de José Gómez Millán en el patio del Yeso de los Reales Alcázares de Sevilla, según criterio del marqués de Vega Inclán, (1914) calificada por Vicente Lampérez y Romea como «ortopedia constructiva sin vestidura estética» (figura 1).

La intervención del marqués de Vega Inclán supone un cambio radical en los criterios de restauración de monumentos en España, acercándose al «Restauro moderno» de Camilo Boito.

El 14 de marzo de 1913, nace el Patronato de la Alhambra del que el marqués de Vega Inclán (Comisario Regio del Turismo y Cultura Artística) formaría parte. En su escrito[3] al Excmo. Sr. Ministro de Instrucción Publica y Bellas Artes de 2 de mayo de 1913, cuestiona no solamente que se completen trozos que desaparecieron de los antiguos adornos y de los revestimientos de atauriques y alizares que constituyen parte fundamental de las construcciones árabes, sino que además «una vez sacados y vaciados en los talleres, se repasan, se liman, se atormentan, se afilan sus aristas y luego se colocan *plus beau que nature*». Por último el Marqués reflexiona: «la ruina visible, carcomida y redondeada en su forma por el sol y la acción de muchos siglos no puede resistir la comparación de los flamantes trozos que la rodean. El restaurador, encariñado con su obra, continúa mejorándolo todo y fatalmente hace desaparecer la ruina, que es precisamente lo único que debía conservar». Y en esa búsqueda de la visión unitaria frecuente durante ese periodo, no era posible comprender un mosaico compuesto de diferentes fragmentos viejos y nuevos (figura 2).

Antecedentes. La Alhambra y sus dibujos

En casi todos nuestros edificios más significativos, las ampliaciones y modificaciones se venían realizando en la mayoría de los casos según el llamado «gusto de los tiempos». Sin embargo en la Alhambra de Granada, las obras y reparaciones iniciadas desde el fin de la Reconquista, según consta en el Archivo del Patronato,[4] se llevaron a cabo «procurando copiar la obra morisca que estaba hecha» (1552), «de modo

que lo nuevo no se distinguiese de lo viejo que a la par de ello hay» (1565), «quedando conforme a lo antiguo» (1589), «de tal modo que no se conozca que ha sido aderezo» (1687).

A finales del s. XVIII la Academia de San Fernando envía a Juan de Villanueva y Pedro Arnal, dirigidos por José de Hermosilla, a Sevilla, Córdoba y Granada para estudiar los monumentos árabes. Posiblemente en la búsqueda de nuestras raíces, de lo que tuvieran de peculiar y distinto de otros países; y también como reacción frente a hechos como la invasión francesa, que años más tarde llevará consigo un gran interés por la llamada arquitectura arábiga.

Diego Sánchez Sarabia ya había realizado numerosos dibujos, durante largos años, especialmente de la ornamentación. Sarabia se refiere también a los descubrimientos de la Alcazaba, lugar en el que las excavaciones oficiales comenzaron en 1754,[5] como el «templo de Apolo» y unos «extraños capiteles» que dice, son fenicios, que dibuja y que acompaña de una memoria (1768).

La Academia de Bellas Artes, en Junta de 14 de octubre de 1756, con el deseo de «conservar y propagar las noticias de nuestras Antigüedades y Monumentos singularmente de aquellas que están mas expuestas a perecer con el trascurso del tiempo» acuerda que el gobernador de la Alhambra se dirija al pintor Manuel Sánchez, para que dibuje en papel los retratos de los Reyes Moros de Granada que están en las salas de los palacios árabes. Y así comenzó un periplo de dibujos que durará mucho tiempo.

Y la Alhambra, junto a otros monumentos árabes, será objeto de atención para numerosos dibujantes y estudiosos. La Academia de San Fernando venía enviando pensionados a Roma, pero entre 1769-1778 y entre 1784-1791 se interrumpieron éstas, por la desconfianza en el trabajo de los pensionados en cuanto al estudio y medición directa de los monumentos romanos. Preciado de la Vega, director de los pensionados en Roma de 1748 a 1790, se refiere a la propuesta de cambio de destino, de Roma a El Escorial, habiéndose manejado también la posibilidad de dibujar el Palacio de la Granja de San Ildefonso. Finalmente algunos pensionados acabarán en la Alhambra de Granada.

José de Hermosilla y sus compañeros de viaje, además de realizar un informe, pretendieron rectificar los dibujos de Sarabia de los palacios árabes, que al parecer no se han conservado. Hermosilla se refiere a la importancia dada a la «memoria de lo antiguo», buscada incluso a través de las reproducciones (que incluso llama falsificaciones) de los elementos decorativos.[6] Propone una visión y lectura unitarias de la Alhambra, del conjunto de sus edificios, tanto del Palacio de Carlos V como de los Palacios o Casa Real Árabe.

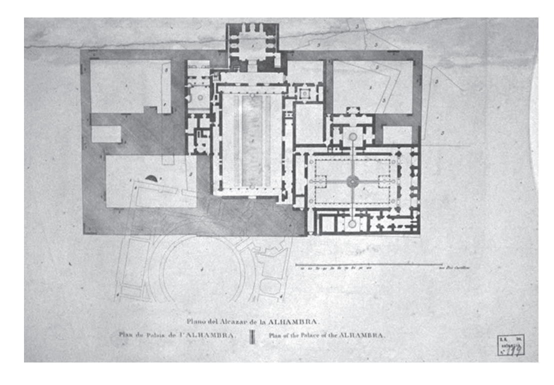


Figura 3
Planta de Hermosilla de los Palacios Árabes llamada de los *académicos* (Imprenta Real 1804)

Su visión no será fría y académica, pero tampoco pintoresca y romántica, anticipándose a un «revival morisco». No busca la «reconstrucción» o reconstitución de los Palacios Árabes, sino estudiar y explicar los principios de su arquitectura. A Hermosilla no le parece fundamental el tema decorativo, pues busca encontrar, estudiar la composición, la distribución en planta y en volumen. Con esa idea comienza sus dibujos a partir de 1766 y será él quien dibuje una «reconstrucción ideal» de los palacios árabes (figura 3) con un criterio académico, de simetría..., que posteriormente defenderá Rafael Contreras. Los dibujos de los llamados «académicos» serán publicados por la Imprenta Real en 1804.

José de Hermosilla desarrolla una visión diferente a la de Murphy, Adam, Owen Jones, Girault de Prangey…, quienes se centran en los valores evocadores de la antigüedad (figura 4). Preguntándose cómo ha perdurado una arquitectura con una construcción tan pobre. Se refiere a la importancia del lenguaje ornamental, tomado de experiencias y modelos posiblemente anteriores, y preocupándose de los materiales de construcción, de los mármoles, y del trazado de los arcos de herradura y de la geometría de las yeserías que adornan sus paredes.

Durante el reinado de Carlos III tienen lugar los descubrimientos de Pompeya y Ercolano en los que

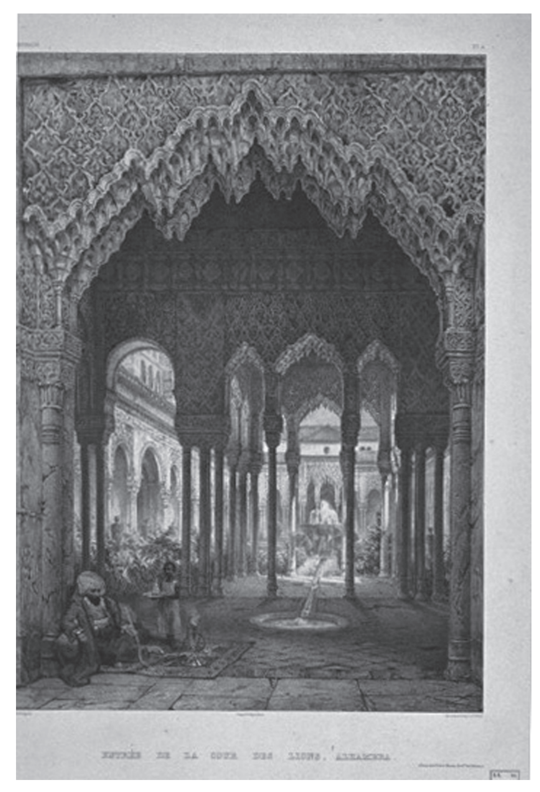


Figura 4
Dibujo de Girault de Prangey del Patio de los Arrayanes (Monuments arabes et moresque d´Espagne, 1832-1833)

fue muy importante el papel español. Al mismo tiempo comienzan los debates en relación con la conservación de elementos «in situ», o el coleccionismo en los museos. Y en uno u otro caso, sobre las técnicas a aplicar, casi ninguna para conservación o fijación de los frescos in situ. Una de las figuras importantes fue Paolo Cavaceppi («fundador» de la escuela restauradora romana del ´700) quien afirmaba que «al restaurador se le exige el reconocimiento de la veracidad del estilo de la obra más que de la materia, sin interferencias con soluciones de carácter personal».[7]

Los esfuerzos se dirigirán al binomio descifrar-reconstruir, sustituyendo la subjetividad creativa por la objetividad clasificatoria; entendiendo por falsa, toda intervención no conforme con lo antiguo. Estos conceptos tendrán relación con lo realizado por los Contreras en la Alhambra de Granada.



Figura 5
«Salón oriental» en el Palacio de Vista Alegre en Carabanchel Bajo, en la actualidad (Foto S. Peñalver, 2015)

«El restaurador adornista»

En 1848 Rafael Contreras crea un «salón oriental» en el Palacio Real de Aranjuez y otro en el Palacio de Vista Alegre en Carabanchel Bajo, que recordaba la Sala de la Barca de la Alhambra de Granada (figura 5).

Muy poco antes había sido nombrado «restaurador adornista» de la Alhambra de Granada, comenzando sus trabajos por la sala de Camas de los Baños; obtuvo el encargo por haber presentado al Gobierno algunos modelos de decoraciones árabes del edificio. Busca fundamentalmente completar los elementos perdidos, cuidando el valor de artisticidad, aunque el medio para lograrlo le importa mucho menos. El valor documental o el «paso del tiempo» por el edificio, con lo que representan los yesos antiguos no ocupan un lugar importante en sus preocupaciones. Es indudablemente un ejemplo de «restauro stilistico» (figura 6). Pero algo más tarde, se encenderá la polémica respecto a qué hacer, con protagonistas como Gallofré, Pugnaire o Valladar.

Para algunos de ellos el arte nazarí es esencialmente decorativo y por tanto fundamental en la Alhambra. Siendo la construcción de la Alhambra modesta, los «adornos» han venido actuando como capa de protección de los muros. Con su desaparición parece necesario completar la decoración, sin inventar, repitiendo motivos ornamentales y cuidando que a primera vista se perciba «lo autentico».[8]

Rafael Contreras en su publicación *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Se-*

villa y Córdoba[9] dice así: «Hasta 1829 continuó el abandono o más bien el aprovechamiento injurioso del edificio; pero desde esta época un gobernador militar más celoso de los monumentos desalojó de ellos a las gentes que los ocupaban; hizo reformas de poco interés artístico, e inauguró los paseos de las alamedas. En 1840 a consecuencia de recomendación hecha a doña María Cristina entonces Regenta del Reino, por algunos viajeros ilustres, se emprendieron las primeras reparaciones en la parte puramente de fortificación, hasta el año 1847 en que se hicieron las restauraciones de sus ornatos, los cuales se hallaban cubiertos de cal y yeso, mutilados y caídos de los muros por efecto de las humedades, los que no se habían reparado antes por ignorarse el procedimiento de ejecución a la manera árabe, con los moldes de arcilla y madera; cuyos trabajos han seguido casi constantemente hasta el año 1869…»

En las Actas de la Academia de Bellas Artes de Granada, encontramos una nota de gran interés, del 26 de octubre de 1859, y una comunicación del 20 de noviembre del Sr. Gobernador de la Real Fortaleza de la Alhambra, contestando y dando permiso a la petición de «hacer vaciados de algunos arabescos de los que contienen los edificios para su estudio en clase de modelado» (estaba prohibido hacerlo hasta ese momento).

El 4 de Octubre de 1860, tras una queja al profesor encargado de vaciados D. Miguel Marín, se suspenden estas tareas, pues al parecer no se usan ni los medios, ni los yesos apropiados, y se están causando desperfectos. Pero se dice que «las quejas no son justas puesto que se habían hecho conforme a los buenos principios, se habían usado sistemas de moldes elásticos o duros según el estado de conservación de los originales, componiéndose estos de suficiente número de piezas y madres formas, para no dañar los modelos en su desprendimiento; y los yesos son los mejores, no habiendo usado masticos…»[10] Nombrándose una comisión de la que formará parte Juan Pugnaire.

Por tanto gran parte de las «restauraciones» de ornatos, se habrán hecho con el deseo de completar una unidad estilística, buscando el «estilo» adecuado, probablemente copiando de los mejor conservados, siguiendo como hemos visto a Cavaceppi antes, y las experiencias desde los Reyes Católicos. Lo que cambiará será la forma de ejecución. Se buscará la forma más fácil, cómoda y económica para llegar a ese resultado; y ello seguramente se logra a través de los

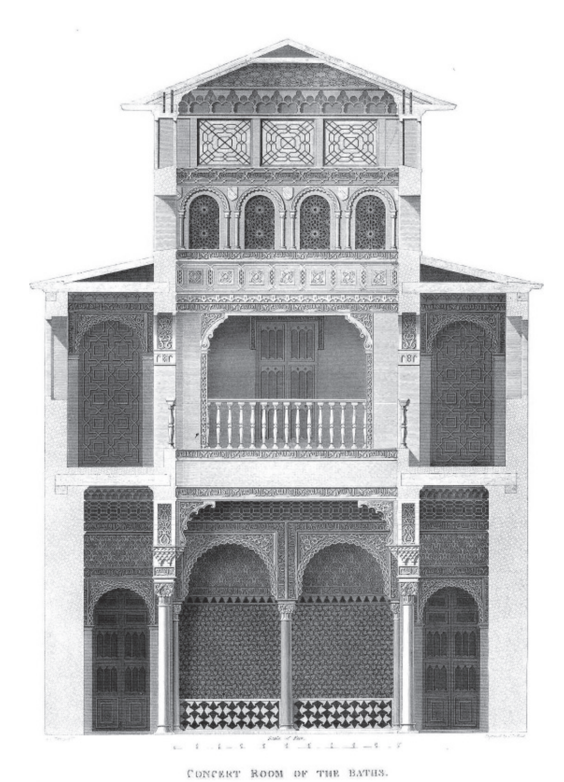


Figura 6
Dibujo de Sala de Camas en los Baños de la Alhambra de Granada, que posiblemente sirviera de modelo a la restauración de Rafael Contreras (James Canavah Murphy, 1840)

moldes (algo similar haría Matías Laviña con el uso de ladrillos de cal hidráulica en la Catedral de León) (figura 7).

Probablemente Rafael Contreras usaría moldes similares a los empleados en los palacios Real de Aranjuez y de Vista Alegre en Carabanchel Bajo. Como también en el museo del Ejército, en el Centro de la Armada, en el Palacio de Valencia de don Juan, en pabellones de exposiciones…(figura 8).

Moldes y placas frente a Yeserías Alhambreñas

Pocos tenían la preocupación de conservar, no de reproducir. Pero ¿cómo hacerlo? Por un lado, reponer los elementos «caídos», fijándolos a la base existente. Tenemos muy pocos datos de lo ejecutado, se



Figura 7
Antiguo taller de yesos en la Alhambra de Granada. Oficina técnica del Patronato, señores López Reche, Francisco Peña etc. (Foto S. Mora, 1991)

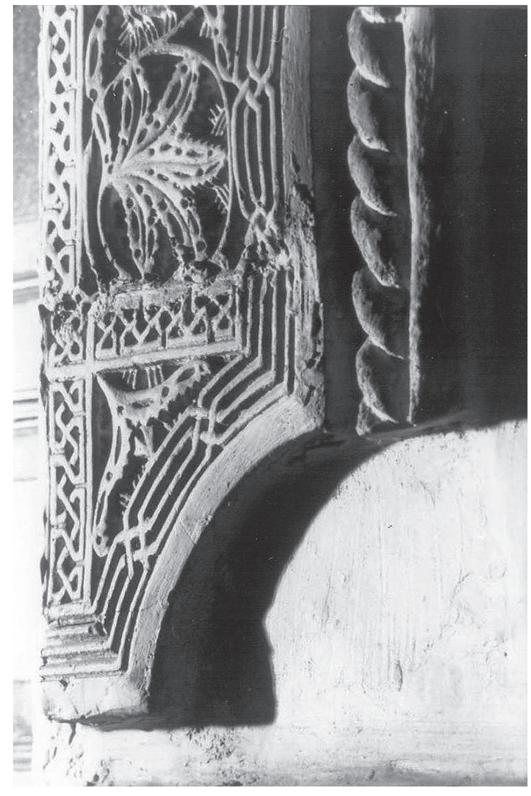


Figura 8
Adorno de yeserías en la casa particular del señor Forns en Madrid (Foto S. Mora, 1996)

mencionan generalidades, sin entrar en temas técnicos concretos.

Todo ello nos vuelve a recordar lo sucedido en las excavaciones de Pompeya y Ercolano, con los frescos que se querían conservar «in situ» y los problemas y debates surgidos; entre la mera conservación de Tosini y las reconstrucciones repintadas del Maratta.[11]

¿Cómo resolvían el problema los seguidores de la conservación? (antes de las ideas del marqués de Vega Inclán y la experiencia en el patio del Yeso de Sevilla en 1914). ¿Como podrían fijar los elementos, los fragmentos caídos? No hemos encontrado descripciones concretas de esto en la Alhambra. Pero nos puede orientar lo sucedido en Pompeya con las conservaciones «in situ», las descripciones del ingeniero Alcubierre, de Algarotti… uniendo los elementos bufados o sueltos a la base, mediante estropajo, cuerda y escayola.[12] Esta técnica correspondería a la conservación de las yeserías construidas tradicionalmente («andalusíes» talladas «in situ»); a diferencia de las realizadas con moldes.

La técnica de las yeserías «andalusíes», según E. Quilez, la describe Ignacio Gárate Rojas[13] diciendo que es la técnica de las «yeserías alhambreñas polícromas» y que se realizaban con mortero de cal grasa amasada en agua de cal (5%), resto de yeso blanco tamizado y polvo de mármol blanco de Macael.

Con esta mezcla se podrían realizar las siguientes operaciones: estarcido del dibujo de arabescos; tallado con gubia; policromado sobre el mortero húmedo con técnica de fresco, con los pigmentos disueltos en agua de cal; patinado con agua de cal planchado a cuchara; repaso con jabón y talco («jaboncillo») a muñequilla. Recoge también lo descrito por Juan de Villanueva para realizar «abultados» en cornisas o molduras usando terrajas. Gárate da unas pautas para «pegar trozos rotos de estucos de yeso», dice, con un «jarabe de barniz de goma sandaraca en alcohol»; primero se aplicará una capa en las superficies a unir, dejándolo un día y después se vuelve a aplicar prensando las zonas a unir durante tres días.

¿Y respecto de los nuevos «paneles» o «planchas» realizadas con moldes? «se endurecen los yesos creando primero una mezcla de aguacola y cal recién apagada, agregando después un buen yeso de espejuelo en proporción 2:1 más el agua necesaria. Una vez extraída del molde se sumerge en una solución saturada, previamente preparada, de sulfato de mag-



Figura 9
Zona de acceso a Comares. Superficie previa a la colocación de los «paneles» de yeso exterior (Foto. S. Mora, 2001)

nesia y agua, donde permanecerá media hora; luego se dejará secar».[14]

Y nos preguntamos: ¿cómo se fijaban estos elementos nuevos? Porque al colocar un módulo completo, será difícil acoplar lo nuevo a lo existente y complejo conseguir la planeidad (figura 9). Su irregularidad se entendería después como una diferenciación entre «lo nuevo y lo viejo», lo cual sería un valor adquirido del efecto del paso del tiempo; (figura 10) pudiendo siempre ver el elemento complementado si se mira con voluntad, aunque no se hubiera hecho con esa finalidad.

Como en muchas restauraciones, prevalecen las respuestas formales, sin tener en cuenta el valor documental de los sistemas constructivos. Dichas soluciones en ocasiones meramente superficiales-decorativas son consideradas «auténticas» siempre que se correspondiesen con el estilo teórico que le sirviera de soporte, confundiendo las técnicas empleadas. Por lo tanto no diferenciando entre las técnicas más fáciles y accesibles (en este caso moldes y placas), propias del «restauro stilistico» y aquellas otras (hechas in situ) de las que precisamente nacieron esas respuestas formales, en la línea de Viollet le Duc .

En general, no se ha prestado atención a esta diferenciación de técnicas, amparándose bajo el paraguas de la palabra «Restauración»,[15] (que debemos emplear con rigor sabiendo a lo que nos referimos) si bien como vemos, corresponden a una actitud muy diferente respecto al valor documental de los sistemas constructivos existentes.



Figura 10
Diferenciación de Planos (Foto autores 2013)

Notas

1. Contreras, Rafael. 1885. *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Sevilla y Córdoba*, 170 y ss. 3ª ed.
2. Contreras, Rafael. 1885. *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Sevilla y Córdoba*, 50 y ss. 3ª ed.
3. Hoy no existen.
4. Marqués de Vega Inclán. 1915. La Comisaría Regia de Turismo en la Alhambra de Granada. En *Comisaría Regia del Turismo y Cultura Artística,*11 y ss. Madrid: Mateu.
5. Archivo de la Alhambra, legajos nº 45, 211, 228. Granada.
6. Según Delfín Rodríguez en la Biblioteca Nacional de Madrid.
7. Ruggiero, M. 1885. *Storia degli scavi di Ercolano, 13.* Napoli.
8. Valladar, M. 1916. «Los monumentos y su conservación». En *La Alhambra*, Tomo XIX nº443-448.
9. Contreras, Rafael. *Estudio descriptivo de los monumentos árabes de Granada, Sevilla y Córdoba*. 3ª ed. 1885. Descripción del Patio de la Alberca.
10. Actas de la Academia de B.B.A.A. de Granada. Casa del Castril. Años 1859, 1860, 1861.
11. Panza, Pierluigi. 1990. *Antichitá e restauro nell´Italia del settecento.* Milano: Franco Angeli.
12. Algarotti, F. 1737. *Saggio sopra lárchitettura*, 50. Milano-Napoli.
13. Gárate Rojas, Ignacio.1993. *Las artes de la cal,* 111 y ss. 1ª ed. Madrid: ICRBC.
14. Gárate Rojas, Ignacio.1993. *Las artes de la cal,* 212. 1ª ed. Madrid: ICRBC.
15. Utilizamos el término como el prof. Guglielmo de Angelis D´Ossat: «Oggi […] ci avviciniamo al monumen-

to, di qualunque età e di qualsiasi forma, con rispetto, quasi con umiltà; la nostra generazione evita di sovrapporvi qualcosa di propio, e soprattutto, di appotarvi modificazioni o aggiunte che possano menomarne l`essenza, ben consapevole che ciò costituirebbe un pretenzioso atto di ignoranza o di superbia. E penso che sempre di più debba attuarsi il rispetto della storia nell restauro monumentale. Indefinitiva, sarebbero perciò auspicabili quei restauri ideali che lasciassero all`osservatore e allo studioso la possiblità e, diciamo pure, l`onesto piacere di una diretta interpretazione». Torsello, P. 2006. *Che cosa è il restauro?* Venezia: Marsilio

Lista de referencias

Contreras, Rafael. 1875. *Del arte árabe en España manifestado en Granada, Sevilla y Córdoba*. Granada.

De Angelis DÓssat, G. 1978. «Restauro: Architetura sulle preesistemze, diversamente valutate nel tempo». *Palladio, Rivista di Storia della Architettura e Restauro*. Nueva Serie nº 2.

De Prangey, Girault. *Monuments arabes et moresques d´Espagne contenant souvenirs de Grenade et de l´Alhambra; mosquée de Cordoue, Alcazar et Giralda de Sevilla. Vues generales, interieurs, details, coups et plans dessinés et mesurés en 1832 et en 1833*.

Jiménez Serrano, J. 1846. *Manual del artista y del viajero en Granad*a. Granada.

La Comisaría Regia de Turismo y Cultura Artística. 1915. *La Comisaría Regia del Turismo en la Alhambra de Granada*. Madrid: Mateu.

Lampérez y Romea, V. 1899. «Las restauraciones de los monumentos arquitectónicos». *Arquitectura y Construcción* nº 64, año 3, octubre.

Napione, G.F. 1820. *Monumento dell´Architettura Antica*. Pisa.

Valladar, M. 1912. «La Alhambra de hace más de 60 años». *La Alhambra*, Tomo XV nº 340, 341,343, 344, 345.

Valladar M. 1916. «Los Monumentos, su conservación y restauración». *La Alhambra,* Tomo XIX, nº 443 a 448.

Traza y proceso constructivo de la capilla de la Jura de Jerez de la Frontera

Gregorio Manuel Mora Vicente
José María Guerrero Vega

> Erraron algunos homes muy malamiente creyendo que quando muere el cuerpo del home que muere otrosi el alma con el et que todo se perdia en vno... (R.A.H. 1807. Primera Partida, Preámbulo de Título XIII).

Con esta reflexión da comienzo el título sobre sepulturas en la Primera Partida de Alfonso X. Para las ciudades recién conquistadas estas leyes suponían la aceptación de los enterramientos intramuros, que junto a las parroquias se convirtieron en parte del paisaje urbano desde mediados del siglo XIII. El texto también legislaba la instalación de tumbas en los templos, práctica que se extenderá entre las clases elevadas como herramienta de distinción y prestigio. Estos promotores, de nivel económico y cultural elevado, contribuyeron a dar forma a la arquitectura española bajomedieval, confiriéndole su genuino carácter ecléctico (Yarza Luaces 1988). Así lo demuestra el ejemplo aquí presentado, la capilla de la Jura de la iglesia de San Juan de los Caballeros de Jerez de la Frontera,[1] en la que se dan cita detalles constructivos mudéjares y góticos propios de la zona en un modelo de *qubba* cubierto con bóveda nervada. De ella se presentan aspectos sobre su traza documentados durante los trabajos de investigación desarrollados en el marco de su rehabilitación arquitectónica.[2]

La ciudad, definitivamente incorporada a la corona de Castilla por el propio rey Alfonso en 1264, organizó su caserío en seis collaciones centradas por otras tantas iglesias. Entre estas se encontraba la dedicada a San Juan, cuyo cementerio adyacente aparece mencionado en el *Libro de Repartimiento* (González Jiménez y González Gómez 1980, 105). Lo normal es que en momento tan temprano se reutilizase un edificio musulmán, situación que quizás explique el esviaje en planta entre buque y presbiterio. La tradición ha situado en la parroquia un hecho legendario por el cual los caballeros jerezanos firmaron una misiva destinada a Sancho IV solicitando su auxilio en el asedio musulmán de la ciudad de 1285. Las fuentes que lo narran, Rallón ([c1660] 2003, 133) y Mesa Xinete ([1754] 1888, 144) entre otros, no señalan el lugar del templo en el que se produjo, aunque se ha ubicado en la capilla conocida como de la Jura.[3]

La planta del edificio se caracteriza por un marcado esviaje entre buque —de una nave y dos espacios diferenciados— y la cabecera (figura 1). Esta última se configura con un ábside poligonal de siete lados, un tramo de transición y dos más de bóvedas de crucería con espinazo, todo de cantería. Junto con esta unos paños de fábrica de ladrillo y dos ventanas cegadas localizadas en los muros de la nave pertenecerían a la primera fase constructiva del templo cristiano (Angulo Íñiguez 1932, 71; López Vargas-Machuca 2014, 68). La evolución constructiva del edificio pasó por la amortización de parte de los muros de la nave, el cierre de los dos tramos con sendas bóvedas de tradición tardogótica y renacentista, la construcción de una imponente torre-fachada y la ocupación del entorno por medio de capillas. Habría que tener en cuenta que, en lo fundamental, su actual imagen se debe a los traba-

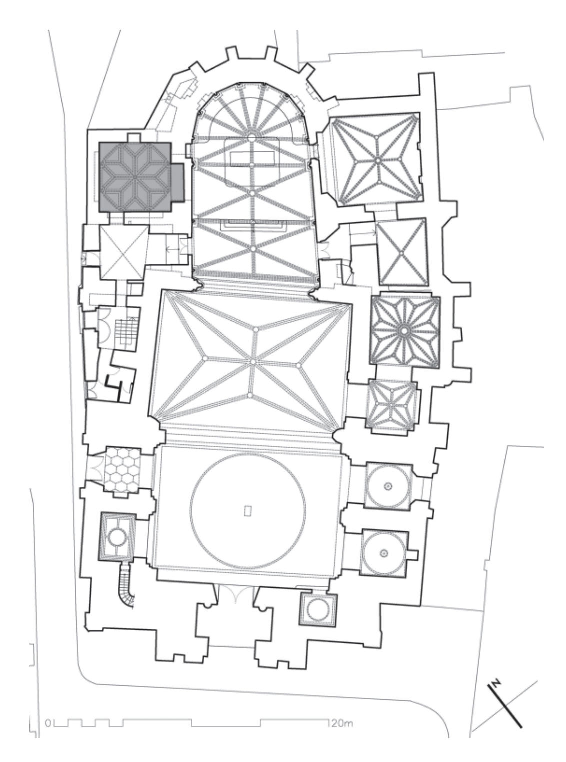


Figura 1
Planta general de la iglesia y situación de la capilla (Dibujo de los autores)

jos de restauración que a finales del siglo XIX dirigió el arquitecto José Esteve y López. Como consecuencia de esta actuación la Jura perdió la comunicación original con el presbiterio y fue integrada en la casa rectoral anexa, sirviendo como vivienda y almacén (Álvarez Luna, Guerrero Vega y Romero Bejarano 2003: 105-113).

La capilla de la Jura se adosa al presbiterio de la iglesia en el lado del Evangelio. Su planta cuadrada ocupa la superficie entre dos contrafuertes de la cabecera desde los que se formaron los muros de cierre. Se cubre con una bóveda octogonal estrellada de nervadura gótica, realizándose la transición mediante trompas de arista viva en los ángulos. Su fundador fue el jurado Andrés Martínez Tocino que la concibió como panteón familiar. Sabemos que a mediados del XVII seguía perteneciendo a este linaje bajo la advocación de Santa Catalina (Rallón [c1660] 2003, 133). Aunque la fecha de construcción, 1404, había sido aportada por Sancho de Sopranis (1934: 5), la publicación del testamento original, recuperado de un traslado hecho en el siglo XVIII, permitió identificar correctamente a su fundador, conocer a los artífices de la obra y su coste.

> … y devemos a Fernan Garzia Albañi, hijo de fernan Gª. Albañi é a Diego frnz (Fernández) Albañi su sobrino cinco mill e seiscientos e sinquenta maravedis desta moneda usual, que fincaron por pagar de los diez e nueve mill maravedis por que con ellos me combine, que hisiesen la Capilla que yo fago en la Iglesia de San Juan desta Ciudad…(Jácome González y Antón Portillo 2007, 187)

En gran medida el oratorio mantenía sus elementos originales, aunque eran evidentes grietas, erosiones, pérdidas de volumen en sus molduras y cegamientos de sus arcos. Había perdido la comunicación

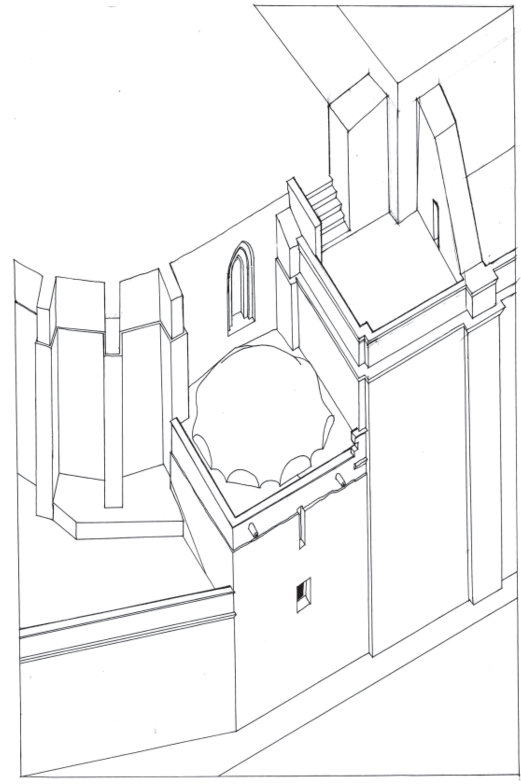


Figura 2
Axonometría exterior (Dibujo de Francisco Pinto Puerto)

original con la iglesia, sufrido la apertura de un nuevo acceso de comunicación y se había recalzado la cimentación. Todas estas operaciones debieron producirse en la restauración del XIX, con el objetivo de recuperar este ámbito y consolidar una estructura muy debilitada por recibir los empujes de las bóvedas del primer tramo de la nave y el desplome del muro de la cabecera (figura 2). Sin embargo, la falta de presupuesto hizo que se abandonasen los trabajos y el oratorio quedó incorporado a la casa rectoral.

Se ha pretendido analizar la fábrica y conocer la lógica del espacio medieval, haciendo hincapié sobre algunos interrogantes como la datación de su bóveda, que se ha considerado una obra posterior al primer diseño. Se determinaron las relaciones estratigráficas entre los elementos de la capilla, identificándose sus materiales, tipos de aparejo y diferenciando tres fases constructivas (figura 3). Los resultados obtenidos nos acercan al proyecto de Martínez Tocino, que tendría entre sus partes la compra del suelo, el pago por su traza, construcción, decoración y provisión del ajuar necesario para la liturgia. Por lo tanto, se trata de un plan que solo puede permitirse un personaje distinguido económica y culturalmente.

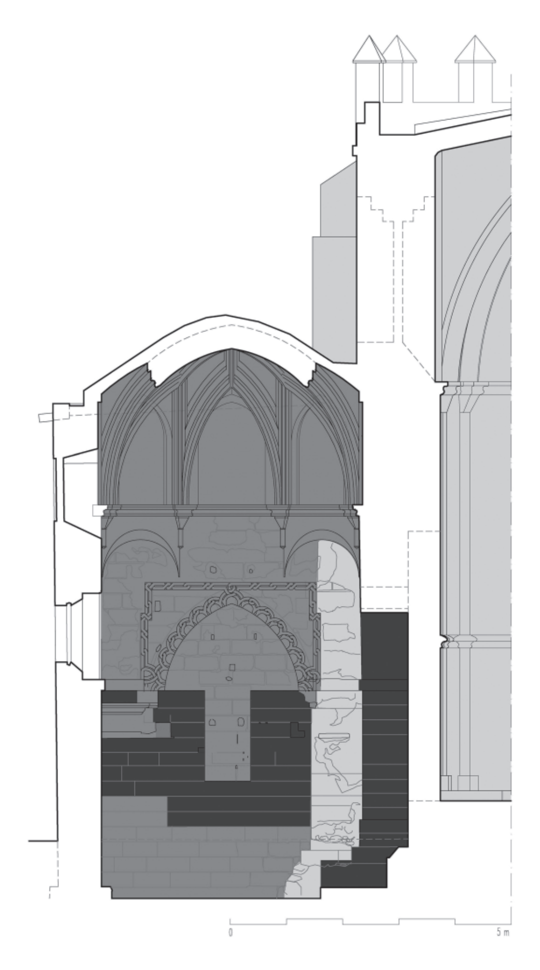


Figura 3
Sección transversal con identificación de fases constructivas (Dibujo de los autores)

El primer problema que debió solucionarse sería el emplazamiento de la capilla. Como vimos desde la edición de las Partidas se aceptaba el enterramiento de notables en las iglesias, lo que llevó a jerarquizar su interior. Esta situación trajo ventajas e inconvenientes a las parroquias, los enterramientos suponían una fuente de ingresos inmediata pero su multiplicación entorpecía el desarrollo del culto. El interés de los nuevos promotores por conseguir piezas exclusivas llevó a la aparición de capillas funerarias *ad hoc* (Bango Torviso 1992: 124); la de los Tocino se formó siguiendo este protocolo.

La familia tuvo que hacerse con una porción de terreno, que formaba parte del cementerio, contiguo al presbiterio de la iglesia. La superficie quedó determinada por la distancia entre los contrafuertes exteriores —aproximadamente cinco metros—, repitiéndose la medida en las dos direcciones. Determinada la planta se inició la construcción de los paramentos; al apoyarse sobre cabecera y estribos, la capilla contaba con un lado complemente edificado (S-E) y con otros dos en parte, lo que daría confianza a sus constructores y permitía un ahorro de material (figura 4). Para crear un espacio de trabajo adecuado la primera medida sería la apertura de un hueco en el muro de la cabecera por el que se accedería a la sala durante su ejecución y posteriormente. No hemos podido documentar su forma ya que fue sustituido en la restauración del XIX, aunque debió repetir el esquema apuntado de los otros lados.

Para la cimentación de los muros nuevos se abrieron zanjas corridas de 1,50 m de anchura, que arrasan los enterramientos exteriores.[4] La fábrica se dispone sobre un firme de hormigón a plomo, sin zapata intermedia. Cuenta con 0,90 m de anchura y está confeccionada mediante dos hojas externas de sillares de calcarenita local dispuestos a soga, y nú-

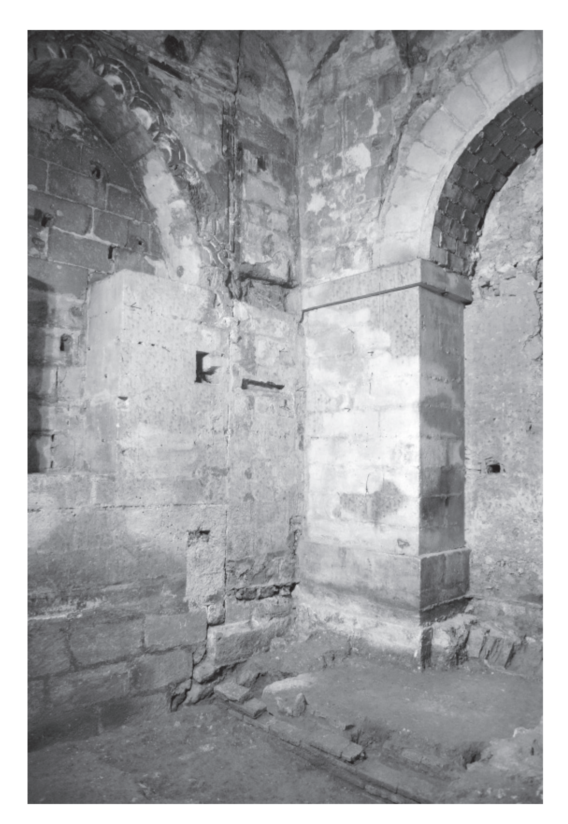


Figura 4
Imagen interior del ángulo noreste

cleo interior de mampostería. En comparación con el muro del presbiterio ambas fábricas coinciden en modo de ejecución y material, aunque con alguna diferencia metrológica y de asiento. La cabecera de la iglesia también se ejecuta mediante zapata corrida, aunque bastante más profunda que la de la capilla. La base del paramento parte de un firme de mampostería trabado con cal y apisonado directamente sobre sus paredes. En cuanto a la piedra llama la atención la diferencia de altura entre los sillares, más alto en la cabecera (0,34 m) que en el oratorio (0,30 m).

Sobre la estructura vertical puede aportarse algún dato más. Exteriormente los paramentos se disponían planos, rompiéndose esta monotonía por una pequeña saetera de herradura que dotaba de luz natural a la capilla. Esa austeridad contrastaba con la imagen interior, donde los alzados aparecían moldurados mediante cornisas, arcos ciegos y los nervios abocelados que componen la bóveda (figura 5). Estos elementos se completarían con una rica decoración de la que se ha recuperado las pinturas murales de su cubierta. En estos detalles es donde más claramente se aprecia la mezcla de los estilos gótico y mudéjar. Los cuatro muros estaban compartimentados por dos líneas de cornisa, la superior servía de base a la bóveda ochavada y la más baja de imposta a los arcos apuntados. Entre estos arcos destaca el situado en el flanco noreste que serviría como altar del oratorio. Su diseño, con motivos de lacería y arquillos entrecruzados, entronca con la tradición mudéjar de la ciudad. Así puede documentarse en el arco de acceso de la capilla del Cristo de las Aguas de San Dionisio, donde las imágenes antes de su restauración muestran la misma forma de conexión entre la lacería que recorre el alfiz y la rosca del arco (Esteve Guerrero 1933, 107; Álvarez, Guerrero y Romero 2003, 260).

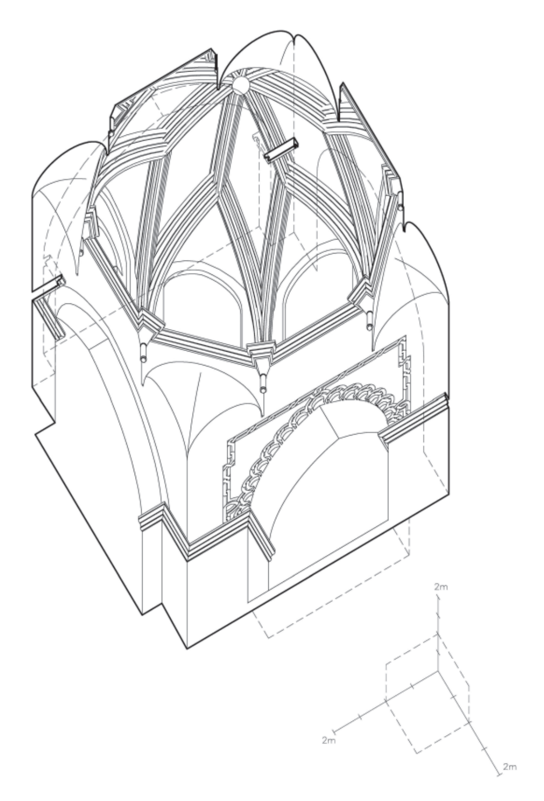


Figura 5
Perspectiva militar cenital del interior (Dibujo de los autores)

La transición de la planta cuadrada a la octogonal se realiza por medio de cuatro trompas de arista situadas en los ángulos de la capilla. Para suavizar la conexión con el muro se sitúan medias columnas con capiteles tronco-cónicos tallados con decoración vegetal. Aparte de marcar el cambio de planta de la sala las trompas introducen el ladrillo entre los materiales de construcción, uso que se generaliza en los plementos de la bóveda. Apoyada en las trompas y los capiteles se dispone la segunda cornisa de perfil idéntico a la inferior, que recorre el perímetro ochavado de la capilla y sirve de base al arranque de los nervios de la bóveda. Durante la investigación se han registrado numerosas marcas de cantero que ofrecen información sobre el proceso constructivo. La diferencia entre las que aparecen en el muro de cabecera y las del oratorio, quedan justificadas por la diferencia cronológica entre ambas fases. Las esgrafiadas en los sillares de la capilla se disponen a lo largo de todo el alzado, y la repetición de modelos por encima de la cornisa superior nos indicaría que la bóveda formó parte del proyecto original.

En cada uno de los laterales de esta se dispone un arco formero ligeramente apuntado que sobresale del plano de fondo. La parte inferior de estos arcos se ejecutó con sillería de piedra, mientras que a partir de la línea de imposta se utilizó el ladrillo, diferencia de material que no sería perceptible ya que quedarían ocultas por el revestimiento. Los fondos interiores de estos arcos, tanto los ochavados como los coincidentes con los muros principales, se macizan con sillería de piedra, a excepción del que corresponde al muro de la iglesia donde es precisamente este el que sirve de fondo. En el interior de los ochavos, esto es en el hueco existente entre los muros exteriores y los interiores de los rincones, se ha constatado un relleno de tierra que ayudaría a contrarrestar los empujes horizontales.

El arranque de los nervios se produce en dos puntos distintos, y en la zona más baja de cada uno de ellos se intersecta con el lateral de los arcos formeros y con el otro nervio adyacente. Sabemos que para la talla de estas intersecciones no es necesario ningún dibujo que anticipe su geometría. Bastará con trazar en cada una de las caras horizontales de los sillares el contorno correspondiente a esa sección y el cantero tallaría la piedra enlazando los perfiles superior e inferior (Rabasa 2000, 100). En el perfil completo de este elemento, se suceden planos verticales y otros cóncavos con boceles hasta un remate plano en la cara inferior. Se ha podido comprobar que los enjarjes, formados por las cuatro primeras hiladas de estos nervios, se resuelven con unas piezas que engloban además de estos los laterales de los arcos formeros (figura 6). Hasta este punto la construcción de los muros y nervios se realizaría a la vez, ilustrando la característica separación entre forma y función en la arquitectura gótica.

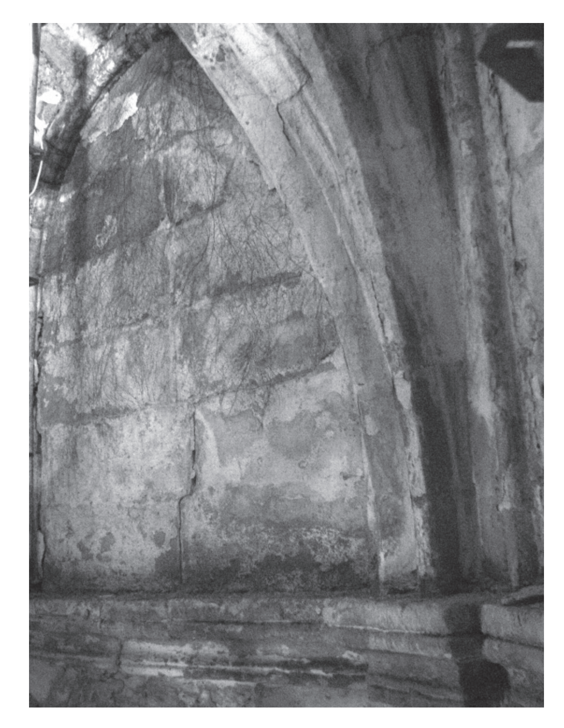


Figura 6
Enjarje

Pero sin duda, una vez alcanzada la cota superior de la cornisa que sirve de imposta a la bóveda era necesario definir la geometría de estos nervios y su alzado. La huella de esta operación la encontramos en la cara superior de la cornisa delante del arranque de los nervios. Sobre esta superficie se aprecian tres incisiones que marcan tres direcciones convergentes. La primera de ellos corresponde al eje de la pieza y las otras dos a los de los nervios. Más allá de servir como una ayuda para el replanteo de situación de las piezas, consideramos que podrían tratarse de parte de la montea para la traza de la bóveda. El plano donde encontramos esas incisiones sería, por tanto, el utili-

zado para trazar las líneas que definirían en planta la disposición de los nervios y en la que mediante recursos geométricos se establecería de manera esquemática la elevación de estos.

Cuando Rodrigo Gil de Hontañón describe el trazado en planta de una bóveda de crucería indica que se realizaría sobre un entarimado de madera «cuajado de fuertes tablones que en ellos se pueda trazar, delinear y montear toda la crucería ni más ni lo que se ve en la planta» (García, [1681] 1990: 25). La altura que indica como adecuada para la colocación de este plano de apoyo sería la que alcanzarían los enjarjes, es decir, por encima del plano de arranque. Esta opción, permitiría en bóvedas de mayor tamaño la disminución de las luces, el tamaño de las cimbras y poder salvar además el avance de los enjarjes que podría obstaculizar la colocación de estas últimas (Rabasa, 2000: 131). Sin embargo en la bóveda que estamos tratando pensamos que bastaría con un único plano de apoyo coincidente con la cara superior de la cornisa. La importancia de este elemento de apoyo habría que ponerla en relación con la entidad y complejidad del conjunto de cimbras necesarias para la construcción de este tipo de bóvedas

Los nervios de la bóveda, de la misma piedra calcarenita utilizada en los muros, se forman con dovelas de arcos circulares, todas con aproximadamente la misma longitud. Es significativo como la unión de los dos nervios que proceden cada uno de los arranques y el que desciende de la clave no se resuelve mediante una pieza especial o crucero (figura 7). La confluencia de las tres piezas se realiza como un encuentro simple marcado por la línea que marca el eje del intradós. Si consideramos que la sección, idéntica en todos los nervios, se dispone de manera perpendicular al eje del intradós, y que los centros utilizados para trazar los nervios se encuentran en posiciones distintas se concluye que la intersección en este punto es compleja. No bastaría aquí con tallar en una única pieza desde los extremos continuando la parte correspondiente a cada nervio con su dirección. Si lo hiciéramos así no habría continuidad entre las distintas molduras que componen el perfil de los nervios. Por tanto, a falta de una clave, sería necesario realizar lo que podríamos llamar una «talla de transición», para poder mantener la continuidad en este encuentro. En este caso la precariedad de esta unión se solventa con mortero de cal y arena enlazando los perfiles de las piezas de piedra, lo que sitúa esta construcción en un momento de experimentación formal y constructiva característico de esta primera parte del s. XV. La falta de recursos técnicos y de destreza en la labra de la piedra se solventarían con soluciones experimentales más accesibles.



Figura 7
Encuentro nervios

La clave central no sobresale del intradós de los nervios y en su cara inferior aparece une revestimiento liso con un rótulo (REEDIFICO ESTA CAPILLA EL Mº MA…). A pesar de lo indicado, el alcance de esta reedificación sería más limitado que lo que trasmite y no implicaría una sustitución completa de la bóveda. El revestimiento donde se halla el esgrafiado se colocó por encima de una jabelga de tono anaranjado cuyos restos se han localizado en los nervios y cornisas por debajo de la decoración. Teniendo en cuenta el carácter funerario de la capilla, posiblemente la clave dispusiera de un orificio central del que suspender otra de madera alusiva a la familia, que posiblemente eliminada en fecha incierta.

La plementería está formada por una hoja de ladrillo con módulo de 30 × 15 × 5 cm, dispuestos a soga. En los sectores bajos, de planta triangular, los ladrillos se colocaron en la dirección paralela al eje de la bóveda, mientras que en los sectores centrales de planta romboidal se disponen en formación circular. Se ha podido comprobar también como la plementería apoya directamente sobre la cara exterior de los nervios constituyendo un casquete continuo que mejora la estabilidad del conjunto. En los puntos de encuentro entre los nervios y para evitar la aparición de una línea de inflexión en la plementería, se dispuso sobre estos un recrecido de ladrillo y mortero que disminuye conforme nos alejamos de ese punto. Por encima de la plementería la cubierta se resuelve con una azotea de ladrillo cuya forma se adapta a la superficie interior, disponiéndose en las zonas bajas un reducido relleno de cal aligerada. No debemos descartar, sin embargo, alguna intervención que modificara la azotea, teniendo en cuenta la discontinuidad que se observa en la parte superior de los muros de la capilla donde se desmontó la sillería de piedra y se sustituyó por fábrica de ladrillo.

En algún momento relacionado con el uso como vivienda se abrió una ventana rompiendo el muro de fondo del arcosolio de fachada. Se cegó la ventana original, que arrancaría inicialmente sobre la cornisa superior pero fue ampliada. Interiormente conserva todos sus perfiles: las mochetas en forma de derrame y su capialzado cónico. Al exterior se encuentra muy deteriorada, pero aún se aprecia con claridad el alfiz que la enmarca. El reducido tamaño del hueco de iluminación serviría para resaltar la presencia de la bóveda.

Un rasgo que caracteriza a la traza de cantería es la previsión del resultado, poniendo en práctica determinados recursos técnicos para definir de forma previa los distintos elementos de la bóveda antes de su montaje. El dibujo y la geometría serían las herramientas indispensables para poder controlar formalmente el proceso. Sabemos que en la construcción de las bóvedas de crucería se hacía uso de monteas para tomar los datos necesarios en la labra de las dovelas y en la elaboración de las cimbras. En la realización de estos trazados debía primar la sencillez, requiriéndose solamente la planta y la elevación de los nervios. En palabras de Francisco Pinto (2006, 267), «el método gráfico consiste en obtener cada elemento en verdadera magnitud mediante una serie de mecanismos geométricos muy elementales pero altamente sintéticos y abstractos». Es importante destacar también el carácter esquemático del trazado ya que tanto en la planta como el los alzados bastaría con la representación de la línea central de cada nervio (Rabasa 2000, 121).

Se ha tratado de recorrer el camino inverso y a partir del análisis de la bóveda tratar de deducir cuales fueron los procesos gráficos utilizados en su diseño. Para ello se partió de una toma de datos métricos con estación total láser, obteniéndose una referencia dimensional de los puntos más significativos. Para cada uno se determinaron sus tres coordenadas en el espacio, obteniéndose con una precisión razonable la geometría de las líneas que definen el eje del intradós de cada uno de los nervios. Si reproducimos el resultado de la toma de datos, y lo comparamos con el esquema teórico propuesto para esta planta octogonal, comprobamos que ambos se ajustan razonablemente bien. Hay que tener en cuenta que tanto el muro de la iglesia como la propia capilla han sufrido un considerable desplome hacía la calle. Dadas las condiciones en las que ha estado trabajando la estructura, las variaciones se pueden interpretar como movimientos habituales en este tipo de edificios, pero también como leves errores de replanteo durante su construcción. En ambos casos, el nivel de tolerancia lo consideramos más que aceptable y nos ofrece una información inestimable sobre la calidad en el trazado y el rigor de la ejecución de esta obra.

La traza partiría de la planta cuadrada de la capilla, a la cual se añadiría otro cuadrado de las mismas dimensiones girado 45º. Se obtendría así un octógono que corresponde a la planta por encima de las trompas (figura 8). Para el trazado de la estrella que forman los nervios, desde cada vértice se trazan dos rectas que enlazarían con los dos vértices situados a ambos lados del opuesto. A partir de aquí se unen los puntos más cercanos a los extremos donde cruzan estas líneas con sus opuestos, cruzándose en la clave polar. Pero como se ha visto los nervios nacen en los arranques diferenciados, es decir separados de los paramentos y entre sí una cierta distancia. Pensamos que esta separación la proporciona la circunferencia inscrita en la planta octogonal, definiendo en sus cruces con las líneas de los nervios sus puntos de arranque.

Definido así el trazado base, sería necesario determinar el de los arcos que componen los nervios, de los que contamos con dos tipos: los que forman las puntas de la estrella hacia los vértices del octógono,

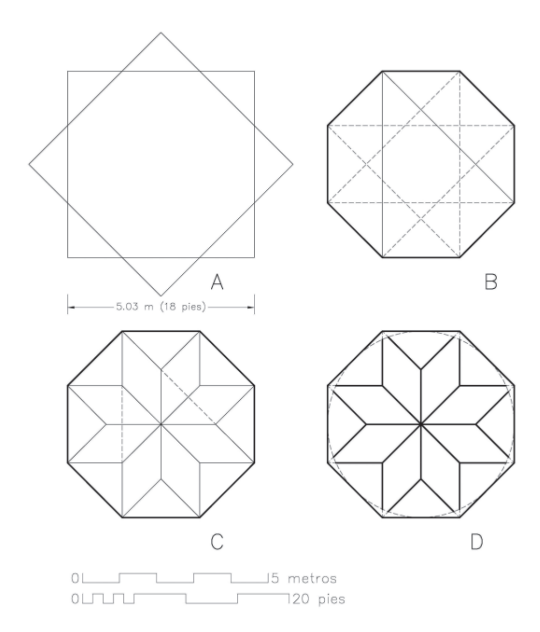


Figura 8
Propuesta de generación de la traza de la bóveda (Dibujo de los autores)

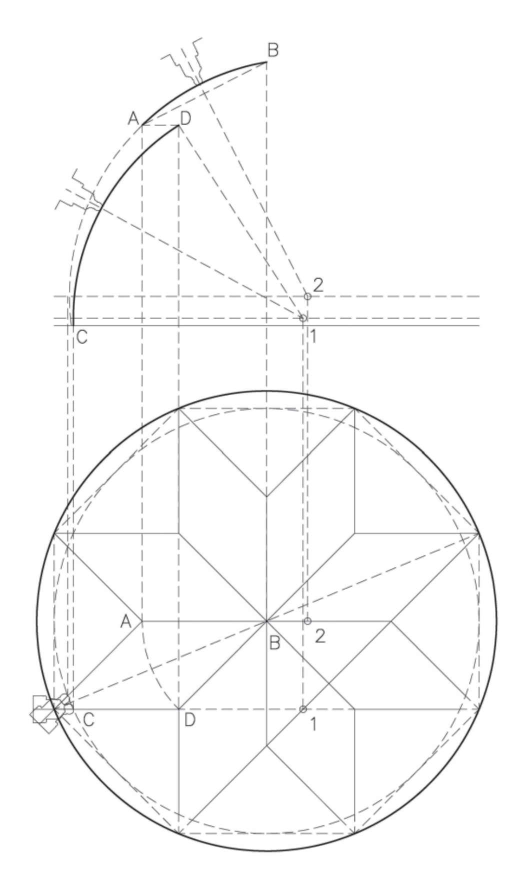


Figura 9
Propuesta de traza de los nervios de la bóveda (Dibujo de los autores)

y los surgen de la clave polar. La toma de datos puso de manifiesto que ambos tienen radios muy parecidos con un valor medio de 2,72 m. Las variaciones en las medidas se podrían explicar por el desplazamiento que ha sufrido la bóveda por los empujes del ábside. De hecho las deformaciones se han concentrado en las nervaduras que apoyan en este muro. Los dos nervios que arrancan de él y se disponen en dirección perpendicular han llegado a descender unos 3 cm en el encuentro con los otros nervios, mientras que en el nervio central el desplazamiento se ha repartido en las juntas de las dovelas. Tras estas consideraciones iniciales estimamos que los radios utilizados para el trazado de todos los nervios sería el mismo, pudiéndose obtener el baivel con el que se trazan los lechos de cada una de las dovelas.

Para la obtención de estas medidas se debería seguir un procedimiento sencillo partiendo del trazado en planta previo (figura 9). Estas operaciones deberían poder ser delineadas dentro de la capilla, lo que facilitaría su montaje. El radio de los nervios sería el mismo que la circunferencia en la que se inserta el octógono de la planta. Una vez definida en el plano de apoyo la dirección de cada arco y los puntos de intersección, se trazarían en primer lugar los nervios correspondientes a los arranques desde los vértices (CD). El centro de los mismos, con ese radio, se situará en la intersección entre la prolongación del nervio correspondiente y la del siguiente con el que no se cruza (1). Habría que señalar que la posición del centro geométrico se sitúa unos 8 cm por encima del plano base. El trazado del radio en su intersección con su línea de proyección de la planta proporcionaría la altura del punto de cruce de los nervios externos e internos (D).

El centro para el trazado de los nervios centrales (2) se sitúa 34 cm por encima del plano de apoyo y además en una posición no relacionada de forma in-

mediata con la planta. Esto nos ha llevado a pensar que el centro no es el punto de partida sino más bien el resultado después de trazar una circunferencia con el radio dado que pase por el punto de cruce anteriormente calculado (A) y por un punto cercano a la proyección de los arranques (C). De esta manera también se obtiene la altura de la clave de la bóveda al cruzarse la referida circunferencia y el eje de la capilla (B). Otra posibilidad es que se determinara en primer lugar la altura de la clave y con el mismo radio actuar por tanteos hasta situar correctamente el centro de este arco. Sabemos que en el procedimiento para el trazado de una bóveda de crucería con terceletes contenido en el tratado de Hernán Ruiz la determinación del arco formero se realiza por sucesivas aproximaciones (Rabasa 2000, 127-128). En cualquier caso, determinada la altura de la clave —la relación entre la altura de la clave y el radio del octógono es muy cercana a 2:3— y partiendo del punto de cruce no sería necesario más que colocar la cimbra con el radio adecuado uniendo ambos puntos.

Finalizada la construcción de la capilla su fábrica recibió un importante programa decorativo, del que se ha conservado parte de su pintura mural. Estos ejemplos se distribuyen en el perfil superior de los muros, con algunas policromías sobre las trompas y cornisa superior, y desarrollo en la bóveda. Entre los detalles que enmarcan la composición cabe indicar la ornamentación de los arcos formeros con líneas rojas de lacería, y cadenas de cuadrados girados en la cara inferior de los nervios; aunque los ejemplos de mayor calidad se sitúan en los plementos, donde se repiten dos motivos decorativos según el perfil geométrico del paño. En los triangulares, se representa una decoración de tallos vegetales entrelazados de hojas lanceoladas y palminervias de color rojo sobre fondo azulado. Respecto a los romboidales, cuyos vértices coinciden en la clave central, la composición está centrada por un tondo lobulado con león rampante pintado en rojo sobre un fondo ocre. Acompañan este esquema dos enjutas arriba y abajo, que repiten el motivo florar descrito. Los restos conservados, que en algunos casos abarcan paños completos, son más que suficientes para deducir cómo sería la imagen completa del conjunto. Su calidad les otorga un valor excepcional y suman en la escueta nómina de los conservados en la ciudad de Jerez (figura 10).



Figura 10
Detalle de la bóveda

Sobre el significado de esta decoración surgen algunas dudas. Los temas florales, de entrelazo y geométricos están presentes en la mayoría de los ejemplos de pintura parietal española de los siglos XIV y XV, consolidados por tradición mudéjar; más interesante es la aparición del león rampante. Al tratarse de una capilla funeraria que pretende ensalzar la memoria de sus patronos lo usual es que formase parte de su blasón. Sin embargo apenas contamos con referencias de Don Andrés Martínez Tocino ni tenemos conocimiento de su escudo, y las pocas noticias sobre su vida, amén de los datos que señala en su testamento, se reducen a que era Jurado de la ciudad.

No obstante la iconografía no pasa desapercibida; leones rampantes aparecen en el escudo de varias familias de la época (los Tenorio, los Silva), y por supuesto estaban presente en las obras financiadas por la monarquía. Dado el carácter de realengo de la nobleza jerezana y en el marco de inestabilidad que supuso el tránsito entre las casas de Borgoña y Trastámara, pensamos que quizás el mensaje trasmitido por Martínez Tocino fuese el de su lealtad al Rey, dedicación que posiblemente cultivó toda su vida. En este sentido, los decoradores de la capilla no tuvieron complicado buscar símbolos que manifestasen esta



Figura 11
Moneda de cuatro maravedís de Pedro I, reverso (Sevilla c1350-1369). Inscripción *PETRUS DEI GRATIA REX LEGIONIS*

fidelidad, aparecían de manera corriente en las monedas de curso entre los siglos XIV y XV; monedas que desde Fernando III a Enrique III (†1406) repetían un mensaje de legitimidad alrededor de un círculo lobulado: un castillo en el anverso y un león rampante en el reverso (figura 11).

La insistencia por parte de la historiografía tradicional en señalar el carácter hispanomusulmán de todas las bóvedas de crucería estrelladas construidas en la península en cuyo diseño interviene el octógono, incluyendo los numerosos ejemplos tardogóticos, ya fue rebatida por Javier Gómez Martínez (1998, 76). Este autor identifica los mismos procedimientos basados en la manipulación del cuadrado y del círculo en el contexto europeo, alejado de una posible influencia islámica. «La base geométrica es siempre la misma, la Geometría es una, independientemente de que fuera aplicada por musulmanes o cristianos» (Gómez Martínez 1998, 82). Los límites de esta continuidad los podemos situar incluso en momentos más alejados alcanzando hasta la arquitectura clásica donde encontramos ejemplos como el espléndido mosaico que decora una de las estancias de la villa romana del Ruedo en Almedinilla (Córdoba), con un diseño idéntico al utilizado en la traza de nuestra capilla.

Notas

1. Este trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de Plan Nacional I+D+i, «Un modelo digital de información para el conocimiento y la gestión de bienes inmuebles del patrimonio cultural» (ref. HAR2012-34571), dirigido por Francisco Pinto Puerto
2. El proyecto de intervención ha sido redactado por los arquitectos Francisco Pinto Puerto y José María Guerrero Vega, promovido por la Hermandad de la Vera-Cruz y financiado por el Ayuntamiento de la ciudad. Se ha contado con la colaboración de Gregorio Mora Vicente (arqueología), Juan Manuel Guijo (antropología), Agustín Pina Calle (restauración de pinturas murales) y Víctor Compan Cardiel (análisis estructural), y su ejecución se ha realizado mediante un convenio de Contrato de investigación 68/83 de la Fundación de la Investigación de la Universidad de Sevilla (PRJ201402341).
3. «San Juan de los Caballeros». El Guadalete, 4 de septiembre de 1890
4. Durante la excavación de la cimentación del muro N-E pudieron recogerse restos de once individuos vertidos sin orden entre el material de relleno de la zanja.

Lista de referencias

Álvarez Luna, Ángeles; J. Mª Guerrero Vega y M. Romero Bejarano. 2003. *La intervención en el patrimonio. El caso de las iglesias jerezana (1850-2000)*. Jerez: Ayuntamiento de Jerez.

Angulo Iñiguez, Diego. 1932. *Arquitectura mudéjar sevillana de los siglos XIII, XIV y XV*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Bango Torviso, Isidro G. 1992. «El espacio para enterramientos privilegiados en la arquitectura medieval española». *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte (U.A.M.)*, 4: 93-132.

García, Simón [1681]. *Compendio de architectura y simetria de los templos conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometría*. (facs. Ed. Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid, 1990).

Gómez Martínez, Javier. 1998. *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de crucería*. Valladolid: Universidad de Valladolid.

González Jiménez, Manuel y A. González Gómez. 1980. *El Libro de Repartimiento de Jerez de la Frontera. Estudio y edición*. Cádiz: Diputación Provincial de Cádiz.

Jácome González, José y J. Antón Portillo. 2007. «La capilla 'de la Jura', de San Juan de los Caballeros, de Jerez de la Frontera: Entre la épica y la realidad histórica». *Revista de Historia de Jerez*, 13: 183-212.

López Vargas-Machuca, Fernando. 2014. «Entre la tradición castellana y la herencia Andalusí. La arquitectura religiosa en Jerez de la Frontera desde la conquista cristiana hasta la irrupción del tardogótico (1264-1464)». En *Limes Fidei, 750 años de Cristianismo en Jerez*, 65-99. Jerez: Diócesis de Asidonia-Jerez.

Mesa Xinete, Francisco [1754] 1888. *Historia sagrada y política de la muy noble y muy leal ciudad de Tarteso, Turdeto, Asta Regia, Asido cesariana, Asidonia, Gera, Jerez Sidonia, hoy Jerez de la Frontera*. Jerez: Imprenta de Melchor García.

Pinto Puerto, Francisco. 2006. «Fábrica y forma del templo gótico». En *La Catedral Gótica de Sevilla,* 209-295. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Rabasa Díaz, Enrique. 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.

Rallón, Estéban. [c1660] 2003. *Historia de la ciudad de Xerez de la Frontera y de los reyes que la dominaron desde su primera fundación. Vol. IV*. Jerez: Universidad de Cádiz - Ayuntamiento de Jerez

Real Academia de la Historia. *Las Siete Partidas del Rey D. Alonso el Sabio.* T. I. Madrid 1807

Sancho de Sopranis, Hipólito. 1934. *Introducción al estudio de la arquitectura en Xerez*. Jerez: Guión.

Yarza Luaces, Joaquín. 1988. «La capilla funeraria hispana en torno al 1400». En *La Idea y el Sentimiento de la Muerte en la Historia y en el Arte de la Edad Media,* editado por M. Núnez y E. Portela, 67-91. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.

Aportaciones de la construcción militar a la arquitectura residencial del periodo de desarrollo

Isabel Moreno Moreno

A partir del primer cuarto del siglo XX en España se produjeron movimientos migratorios desde las zonas rurales a las ciudades en busca de mayores oportunidades, lo que dio lugar a un auge de la construcción en todas ellas.

Los recursos económicos de las personas eran limitados y no todas ellas tenían la capacidad de comprar o simplemente alquilar una vivienda al precio de mercado. Es por ello, por lo que el 12 de junio de 1911, el Conde de Sagasta, don Fernando Merino, ministro de la Gobernación logró la aprobación de la Ley de Habitaciones Higiénicas y Baratas, primera Ley de casas Baratas, después de largos años de debate.

La ley conducía a un planteamiento que pasaba por atender las necesidades habituales de una familia reduciendo el tamaño de las habitaciones todo lo posible, mientras mantenía a toda costa los tipos arcaicos y obsoletos, lejos de toda innovación técnica y arquitectónica. Las viviendas por tanto no eran las más deseables ni las más baratas.

Esta ley sufrió con el paso del tiempo diversas modificaciones. Así el 10 de diciembre de 1921, el ministro de trabajo, Carlos Canal y Migolla propuso la Segunda Ley de Casas Baratas. Esta intentó ser más ambiciosa y precisa que su antecesora, mejorando las condiciones de los préstamos y aumentando los presupuestos. A pesar de ello sus resultados tampoco fueron los deseados.

En 1923, con la llegada de la dictadura de Primo de Rivera se redactaron nuevas medidas legislativas que ampliaron el proyecto dando como resultado la conocida Tercera Ley de Casas Baratas, elaborada por Eduardo Aunós Pérez, quién intentó hacer más asequible el acceso a la vivienda. Esta nueva ley contó con grandes inversiones estatales en forma de ayudas fijas y estableció los tipos de viviendas beneficiadas en cinco niveles económicos:

- casas Ultrabaratas o Populares
- casas baratas
- casas económicas
- casas para funcionarios en Madrid y Barcelona
- casas para militares

Las casas para militares son residencias que se construyeron para ese colectivo en concreto y tal y como se ha dicho anteriormente, desde la consideración de viviendas protegidas a pesar de que las características de ellas no tienen relación con las promociones obreras que se edificaron en los mismos periodos.

Hasta inicios del siglo XX que se está estudiando, el alojamiento del personal del Ejército se hallaba en las propias dependencias cuarteleras, es decir, salvo en casos excepcionales, las diferentes categorías militares residían en los cuarteles. De esta manera, se imponía una directa participación de las familias en la vida cuartelera.

Así pues, esto además de los problemas nacionales por la falta de viviendas agravado por el fallo de la Tercera Ley de Casas Baratas como es el gran au-

mento de los precios de los alquileres, muy superiores a las capacidades económicas reales de los inquilinos (El sueldo medio de un teniente era de 250 a 333 pesetas y el alquiler de una vivienda de características modestas en Madrid no era menor de 200 pesetas mensuales), llevó al general Leopoldo de Saro a encargar al comandante de ingenieros Antonio Arenas Ramos un proyecto de viviendas militares el cual tuviese en cuenta lo siguiente:

- Distintos tipos de viviendas dependiendo de las diferentes categorías militares.
- Limitación de la renta máxima en alquiler según rangos.
- Cálculo coste total de la ejecución.
- Análisis de medios económicos y financieros para poder ser llevado a la práctica.

Para el desarrollo, dirección e inspección del anterior proyecto se confía en la actuación de un patronato compuesto de un Consejo y Comisión Ejecutiva. De esta forma se crea el Patronato de Casas Militares el 28 de febrero de 1928. La misión general que se le confió a este patronato fue la de construcción y administración de las nuevas viviendas militares y la de recaudación y administración del canon de los pabellones.

El régimen de estos inmuebles promovidos por el Patronato de Casas Militares fue de alquilar tanto por los modestos sueldos del personal militar como por la política de movilidad de los mismos la cual dificulta la elección de un emplazamiento fijo. Por lo tanto la propiedad de los mismos perteneció al Estado.

Se proyectaron distintos tipos de viviendas según el rango del personal militar las cuales se diferencian por el número de dormitorios y por la superficie útil de las mismas.

TIPO A: generales y jefes (170 m^2)

- Sala principal
- Despacho
- 5 dormitorios
- Baño
- Comedor
- Cocina
- Despensa
- Aseo

TIPO B: capitanes o tenientes (160m^2)

- Sala principal
- Despacho
- 4 dormitorios
- Baño
- Comedor
- Cocina
- Despensa
- Aseo

TIPO C: suboficiales y sargentos (80m^2)

- Salón-comedor
- 3 dormitorios
- Baño
- Cocina
- Despensa
- Aseo

Puede observarse que la superficie de las viviendas es muy superior a las que la Ley de Casas Baratas estableció para viviendas protegidas. A pesar de esto, en los primeros años del Patronato de Casas Militares no hubo ningún problema por parte de la administración en otorgar ayudas para la construcción de las mismas. En cambio, tras la Guerra Civil (1936-1939) con la profunda crisis económica que atravesó el país, esta línea de actuación cambió y el Patronato se vio obligado a reducir dichas dimensiones además de abandonar el uso de elementos decorativos clásicos en las fachadas, buscando una austeridad más acorde con la tipología de vivienda protegida a la que pertenecen. A pesar de ello, no consiguieron reducir la superficie de todos los tipos a una coherente con lo que estableció la Ley de Casas Baratas. Llama la atención la gran diferencia de superficies entre los dos primeros (jefes y capitanes) y el tercero (suboficiales). Estaba clara la intención de que los de mayor tamaño estaban destinados a una clase media-alta. Debido a esto se decidió que únicamente las viviendas destinadas a suboficiales fuesen las únicas que se construyesen al amparo de la ley estatal dejando que los patronatos se encargasen de sufragar los gastos de edificación de los otros tipos:

TIPO A: generales y jefes (126 m^2)
TIPO B: capitanes o tenientes (112 m^2)
TIPO C: suboficiales y sargentos 70 m^2)

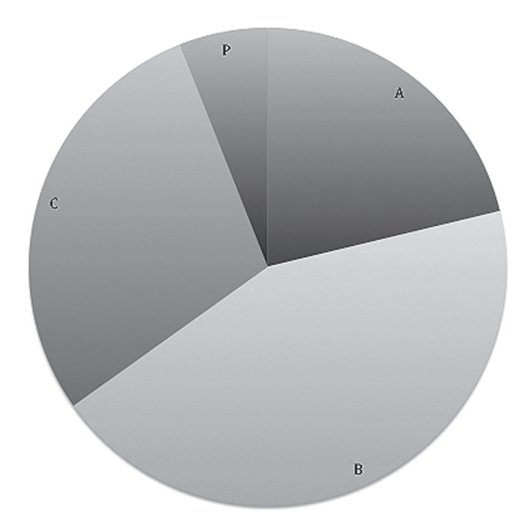


Figura 1
Gráfico de las viviendas construidas para militares en España antes de 1936. A: 156 viviendas;
B: 322 viviendas; C: 212 viviendas; P: 44 viviendas

A partir de 1956 se obligó a construir también viviendas para el personal retirado, empleados, obreros, civiles, siendo necesario la elaboración de modelos residenciales para estos colectivos (P). En España, las viviendas construidas para militares antes de 1936 fueron las siguientes:

En cambio, entre 1934 y 1959 vemos como se aumentó la construcción de viviendas de suboficiales por ser las única que promueve el Estado, tal y como se ha explicado anteriormente.

No solo se construyeron viviendas para suboficiales y sus familias, sino que también se llevaron la cabo la construcción de pabellones de solteros para los mismos. Como ejemplo de uno de ellos podemos destacar el edificio «Paseo del Mirador», residencia de solteros y casino en la localidad sevillana de San Juan de Aznalfarache construida por los hermanos arquitectos Felipe y Rodrigo Medina Benjumea en 1944.

Éste es un edificio de carácter racionalista, que en determinadas zonas queda enmascarado por el regionalismo sevillano de la época, destinado a militares solteros de la base aérea de Tablada además de un casino ubicado en su planta baja. Al ser el principal uso del mismo residencia de solteros predomina la modulación, las habitaciones de los

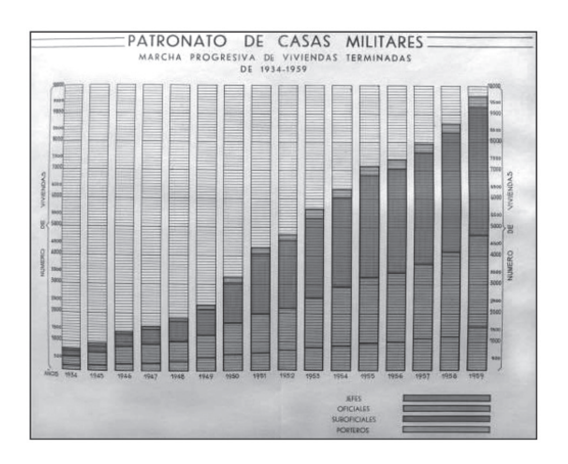


Figura 2
Gráfico de las viviendas construidas por el Patronato de Casas Militares. 1934-1959.

militares, cada una de ellas con una ventana, armario contrapeado, cama y lavabo.

Además de ellas, cocinas y baños colectivos por planta y dos viviendas individuales en cada planta. Una para el dueño del casino y otra para un suboficial casado y con familia.

Si analizamos esta vivienda para el suboficial con otra de las viviendas para suboficiales llevada a cabo por el Patronato de Casas Militares en la localidad de

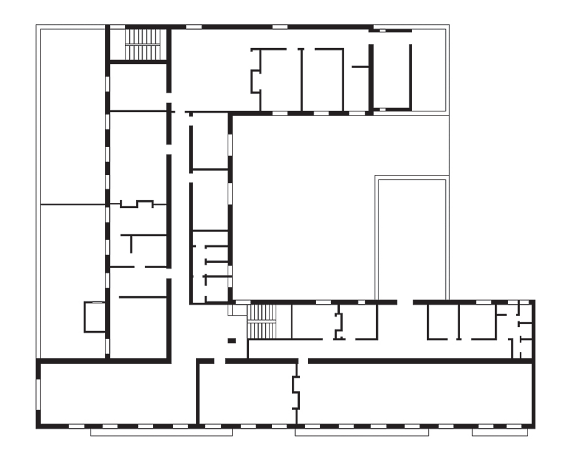


Figura 3
Edificio «Paseo del Mirador» San Juan de Aznalfarache. Plantas primera y segunda

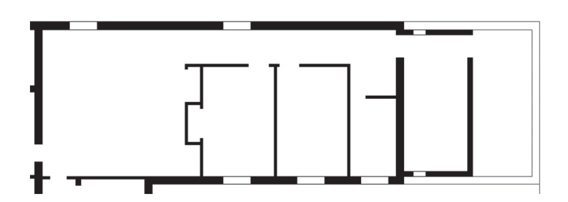


Figura 4
Edificio «Paseo del Mirador» San Juan de Aznalfarache. Vivienda suboficial

Madrid, veremos como ambas son similares, puesto que cada tipo que estableció el patronato seguía unos parámetros de distribución y de construcción semejantes.

La estructura de esta residencia militar está ejecutada a base de muros de carga de fábrica de ladrillo de pie y medio en planta baja y de un pie en planta primera y segunda.

La cimentación se resuelve mediante zapatas corridas de hormigón en masa siguiendo la traza de los muros de carga. El forjado es de cerámica de un canto mínimo, 12 cm y ejecutado siguiendo los parámetros de la patente Tauro. Es decir, forjado autárquico el cual se explicará más adelante.

Durante la Guerra, muchas de las construcciones para militares, quedaron paralizadas, al igual que la mayoría de las viviendas de La Ley de Casas Baratas, ejecutando nuevas en el periodo de postguerra.

La historia de la arquitectura española de postguerra está ligada de manera relevante a la reinterpretación y aplicación de los nuevos lenguajes constructivos que se desarrollaron con la aplicación de nuevas técnicas y materiales de construcción.

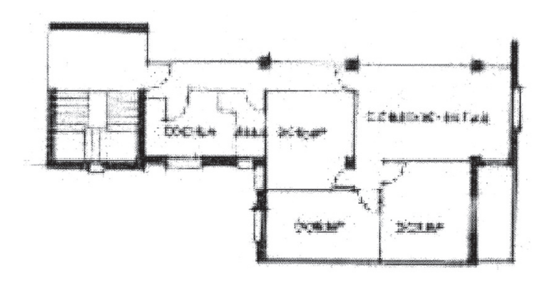


Figura 5
Vivienda tipo C

La envolvente de la arquitectura se convirtió en el modelo experimental, donde evaluar los más novedosos métodos constructivos, así como desarrollar las tecnologías más avanzadas de reinterpretación, aplicación y puesta en obra de los materiales.

El fin de la Guerra Civil marcó el comienzo de las tareas encaminadas a normalizar la vida económica y a reconstruir los daños materiales producidos por la contienda.

Se elaboraron una serie de políticas para la reconstrucción de las ciudades y la construcción de nuevas viviendas. Se crearon varias instituciones para tal fin, la DGRD (Dirección General de Regiones Devastadas), el INV (Instituto Nacional de la Vivienda) y la OSH (Obra Sindical del Hogar) para crear nuevas viviendas junto a los Patronatos de Casas Militares.

Además en 1939 se creó el Régimen de Protección de la Vivienda aprobándose así la construcción de viviendas higiénicas.

En este periodo no se pensó en barajar técnicas importadas ni en aplicar procedimientos constructivos aprendidos en formularios donde todo se industrializa, sino que se pensó en «el pueblo» con criterio de artesano práctico que construye su casa con sus propios medios, y con sensibilidad de arquitecto formada en la observación de lo bueno, honrado y funcional que se conserva en los pueblos.

Se utilizaron materiales humildes empleando muchas soluciones constructivas propias para asegurar la resistencia de los elementos sustentantes. Así, en los recorridos por España se vieron soluciones ingeniosas nacidas esporádicamente ante el caso concreto de una dificultad. Es la lucha de las comarcas y pueblos por conseguir su autarquía de construcción.

La estructura general de los edificios se resuelve a base de estructuras murarias con una utilización muy puntual de elementos de HA en soportes. Las edificaciones no son de mucha altura, lo que facilita el empleo de estas estructuras estabilizadas por la traba de los muros de carga entre si.

La construcción tiende a simplificarse para conseguir la máxima economía material y de mano de obra, eliminando por ejemplo en los forjados los encofrados o reduciéndolos al mínimo.

El 11 de marzo de 1941 se publicó un decreto que limitaba el uso del acero en la construcción.

La cantidad de acero utilizado se convierte en una obsesión y hace que se agudice en ingenio para bus-

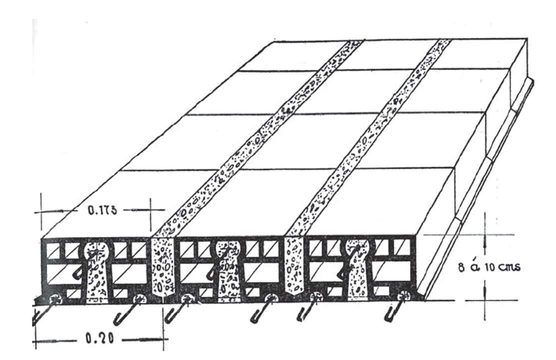


Figura 6
Patente PAUSA

car soluciones que traten de reducir el uso del mismo. Es en este momento en el que se difunden los forjados cerámicos, los cuales se convierten en una sucesión de apuradísimo cálculo en el que sólo cabe un entrevigado de bovedilla cerámica que apenas deja huecos para un escueto vertido de hormigón, sin zuncho ni capa de compresión.

Estamos ante los denominados forjados autárquicos, que son elementos a prefabricar a pie de obra para montar sin encofrados. Con medios materiales mínimos buscando una optimización y gracias a la agudeza del ingenio de arquitectos y constructores de la época se construyeron dichos forjados.

Patentes con viguetas adosadas sin capa de compresión	Patentes con viguetas adosadas con capa de compresión	Patentes con viguetas adosadas o viguetas y bovedillas con capa de compresión
– PAUSA – Tauro – Piso perfecto	– Ladrihierro – Piso perfecto – Piso mundial D – Piso autcarco I	– Piso TH – Piso Riera
Patentes con viguetas y bovedilla con capa de compresión		
– Piso Mene – Piso mundial C – Piso Sita – Piso B&M – Piso Ceralux – PICELI – Piso Autcarco II – Piso CELETYP – Piso la ISA – Piso Movix		

Están ejecutados con viguetas autárquicas cuya base de todas las patentes eran las piezas cerámicas con los siguientes cantos: 8, 9, 12, 15, 16, 18cm. Las máximas luces que podían salvar con una sobrecarga de uso de 200Kg/m^2 era de 6m aproximadamente.

Existían diversos tipos de patentes de estos forjados dependiendo de si se utilizasen viguetas adosadas o viguetas y bovedillas además de la necesidad o no de incorporar capa de compresión.

En 1947 se produjo una crisis en el sector de la construcción. La amenaza del paro obrero en ella hizo que el Estado empezara a preocuparse por mejorar la efectividad de su política de vivienda. En este año aparecen los frutos teóricos más acabados del pensamiento tradicionalista de postguerra en publicaciones de Fernando Chueca. Desde entonces no se registrarán avances significativos en las orientaciones teóricas iniciadas durante la guerra, por lo que constituyen asimismo el fin del periodo de apogeo del tradicionalismo y el punto de inflexión en el que comienza su decadencia.

Entre 1947-1954 se gestará y pondrá en marcha el inicio de la industrialización del país. El año 1954 acotará el final de la etapa de transición hacia la arquitectura moderna.

Entre 1955-1962 tiene lugar la liquidación del sistema económico autárquico e intervencionista adoptado tras la guerra civil y en 1962 desaparecen todas las limitaciones que se habían impuesto a la utilización de acero en construcción las cuales como se ha explicado anteriormente fueron impuestas tras la guerra civil con el objetivo de economizar su utilización.

El Instituto Nacional de la Vivienda promovió en 1957 un concurso de viviendas experimentales que sirvió para trasladar las ideas más avanzadas contem-

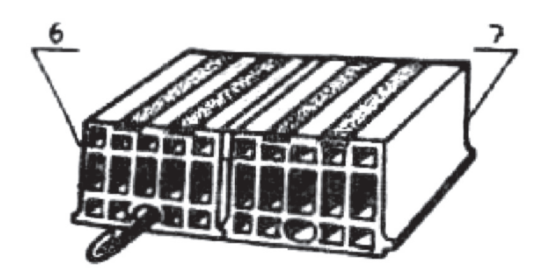


Figura 7
Patente Ladrihierro

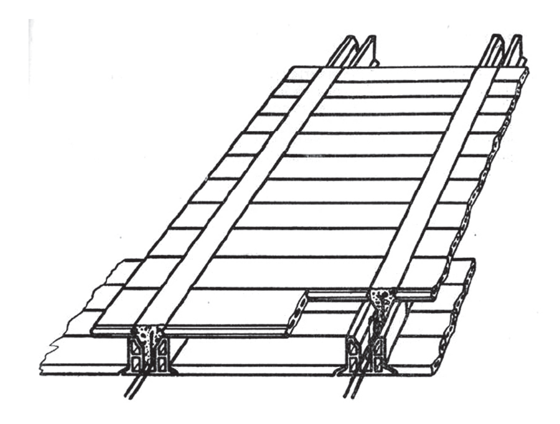


Figura 8
Patente Riera

poráneas de soluciones constructivas prefabricadas y estandarizadas sobre una base proyectual de mínimos en superficie habitable.

El interés por la industrialización vino dado fundamentalmente por la carencia de materiales y por el exceso de la demanda sobre la oferta que activó un mercado negro que en consecuencia se estableció un problema de monopolio de materiales.

La influencia que la técnica sobre la arquitectura tiene en los años 60 en España, se manifestó en la recuperación de los lenguajes constructivos y técnicos como valores de definición y de calificación de la arquitectura moderna perdida antes de la guerra.

En los años 60 son las normas del Ministerio de la Vivienda (MV) las que establecieron las reglas generales para la construcción de edificios. Estas normativas no tuvieron en cuenta ningún concepto de eficiencia energética, aspecto muy importante en las construcciones de hoy en día. En la época, confiaban en las hiladas de ladrillos huecos colocados en la fachada y en la cámara de aire de la misma.

En 1979 apareció la norma NBE-CT-79, primera

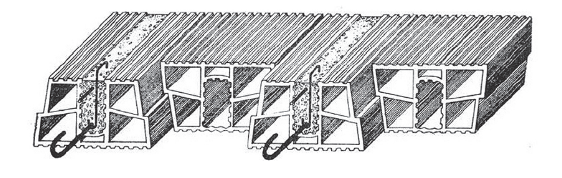


Figura 9

normativa que trata de eliminar las pérdidas térmicas a través de la fachada incorporando aislamiento. Esta normativa obligó a introducir en la cámara de aire unos materiales aislantes que hasta aquel momento tuvieron difusión escasa. Además en ella se introdujo la comprobación de que en el interior del cerramiento no se produjesen condensaciones. Con esta exigencia se pretendía que el interior del cerramiento no alcanzase la temperatura de rocío que sumada a la exigencia global de transmitancia del edificio, se elevaba el nivel de aislamiento de las fachadas.

Durante los primeros años de vigencia de dicha norma se cometieron errores provocados sobre todo por la ignorancia del comportamiento de esta solución y por la falta de confianza en la necesidad de colocación de este incremento de protección. Además ese aislamiento es de difícil colocación. Si queda suelto y el aire se mueve a su alrededor será ineficaz, si se adosa a la hoja exterior las condensaciones se producirán en el plano de contacto entre el aislamiento y la albañilería y por tanto el comportamiento higrotérmico será dudoso. Adosarlo a la hoja interior es imposible por el proceso constructivo «de fuera a dentro».

Si hoy día decidiésemos construir con muros de carga tal y como se hizo en muchos de los edificios proyectados por la Ley de Casas Baratas y los calculásemos, obtendríamos unos espesores muy reducidos, que seguramente no llegarían al pie de espesor. Pero la función de los muros no es solamente de resistencia, sino de aislamiento térmico y acústico, por lo que atendiendo a esto se usarían mayores espesores o adoptarían soluciones con espacios intermedios rellenos de materias aislantes.

El periodo de la arquitectura del que se ha hablado puede tratarse entonces como un todo coherente en el que se produce una evolución económica del país. Abarca un momento trascendental para la evolución de la arquitectura contemporánea española como es la introducción definitiva de la arquitectura moderna.

Los edificios construidos al amparo de la Ley de Casas Baratas o el Patronato de Casas Militares fueron construidos en base a una normativa hoy día obsoleta. Normativas constructivas muy básicas que no establecían obligaciones respecto a limitaciones de consumo o aislamientos.

El estudio de la envolvente térmica de estos edificios es fundamental en los factores que influyen en la

demanda energética del edificio y por tanto en el consumo de energía del mismo. Mejorarla conduce a una reducción de dicha demanda, es decir, a un ahorro en términos energéticos y económicos.

Lista de referencias

Azpilicueta Astarloa, Enrique. 2004. *La Construcción de la Arquitectura de Postguerra en España* (1939-1962).

Barreiro Perea, Paloma. 1991. *Casas Baratas: la vivienda social en Madrid 1900-1939*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos

Casado y Rodrigo, Juan. 1922. *Arquitectura militar (cuarteles, hospitales, parques, etc)*. Editorial Calpe.

García Vazquez, Carlos. 2015. «La obsolescencia de las tipologías de vivienda de polígonos residenciales construidos entre 1959 y 1976. Desajustes con la realidad sociocultural contemporánea». *Informes de la Construcción* Vol. 67, extra-1, m020.

Institut de Tecnologia de la Construcció 1989. La construcción de la Arquitectura 2.

Monjo Carrió, Juan. 2005. «La evolución de los sistemas constructivos en la edificación. Procedimientos para su industrialización». *Informes de la Construcción* Vol. 57, nº 499-500. 37-54

Plan Nacional de la Vivienda 1961-1976. 1962. Madrid: Ministerio de la Vivienda, Dirección General de la Vivienda.

Raventós Viñas, María Teresa. *El Patronato de Casas Militares: proyectos realizados en Madrid durante el periodo 1928-1959*. Ed. Universidad San Pablo Ceu, España.

Sambricio, Carlos. 2003. *El Patronato de Casas Militares, en C. Sambricio (dir.), Un siglo de vivienda social (1903/2003)*. Madrid: EMV, Ministerio de Fomento.

Sambricio, Carlos. La vivienda española de los años 50. Sección II: el debate sobre la vivienda, 39-47.

Soro y Marín, Leopoldo de. 1929. *El Patronato de Casas Militares*. Madrid: Imp. del Memorial de Ingenieros del Ejército.

Ulsamer Piuggari, Federico. 1959. *Forjados y entramados de Piso*. Barcelona: ediciones CEAC, SA.

El edificio Pirie-Casa de la Ciudad de Cartago, Costa Rica. Sus materiales y sistemas constructivos

María Fernanda Morera Cortés
Rosa Elena Malavassi Aguilar

Desde el año 2011 la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Tecnológico de Costa Rica inició el proyecto de restauración y puesta en valor del Edificio Pirie-Casa de la Ciudad de Cartago. Este edificio es una vivienda cuya construcción inició en la segunda mitad del siglo XIX y fue objeto de intervenciones durante la primera mitad del siglo XX.

Debido a que la vivienda se configuró durante un largo período, y a que es una de las pocas construcciones que resistieron el terremoto del año 1910, este edificio permite estudiar los diferentes sistemas constructivos utilizados en el país desde mediados del siglo XIX hasta mediados del siglo XX, muchos ya en desuso como el calicanto y el bahareque francés.

En la primera etapa del proyecto se aplicó un método con fichas que permitió documentar sistemas y materiales constructivos. Durante las etapas de restauración (recientemente finalizó la tercera etapa), se ha completado la información y se han realizado hallazgos que permiten comprender por qué esta vivienda resistió el terremoto de 1910 que destruyó la totalidad de la ciudad.

Esta ponencia se estructura de la siguiente forma: un primer apartado con la reseña histórica de la ciudad y del edificio Pirie, un segundo apartado describe la metodología seguida para la documentación de los materiales y sistemas constructivos del edificio, un tercer apartado incluye la descripción constructiva del edificio, finalmente se presentan las conclusiones donde analiza la relevancia de esta vivienda como testigo de sistemas constructivos en desuso.

Introducción

El Edificio Pirie-Casa de la Ciudad es uno de los inmuebles de mayor antigüedad de la ciudad de Cartago. Actualmente pertenece al Tecnológico de Costa Rica (TEC). Por su historia y su función de proyección a la comunidad, fue declarado Patrimonio Histórico Arquitectónico en el año 1986, sin embargo, esto no impidió su deterioro y el desarrollo de intervenciones poco adecuadas.

En este contexto, en el año 2011 la coordinadora de la Casa de la Ciudad en ese momento, Licda. Mariela Hernández, contactó al entonces director de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo (EAU) del TEC, arquitecto Marco Valverde Rojas, para valorar la posibilidad de realizar un diagnóstico del estado del edificio y una propuesta de restauración. De esta forma, a lo interno de la EAU se conformó un equipo de trabajo integrado por los entonces estudiantes Carolina Chacón Fallas, María Fernanda Morera Cortés, Silvia Morera Rodríguez, Róger Robles Chinchilla, Manfred Robles Naranjo y Enmanuel Salazar Ceciliano. También formaron parte del grupo el Arq. Valverde, el ingeniero Gerardo Ramírez González y la arquitecta Rosa Elena Malavassi Aguilar.

Gracias al presupuesto destinado por el TEC, en el año 2013 se realizó la primera intervención que permitió llevar a cabo obras de estabilización. Posteriormente se ejecutaron dos intervenciones más, que permitieron rehabilitar distintos espacios del edificio (figura 1). Todo este proceso ha facilitado la docu-



Figura 1
El Edificio Pirie-Casa de la Ciudad. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés

mentación de los sistemas constructivos de la casa, muchos hoy en día se encuentran en desuso. A la vez, ha permitido comprender por qué este edificio es uno de los pocos que resistió el terremoto del 4 de mayo de 1910.

La Ciudad de Cartago y el Edificio Pirie

La ciudad de Cartago (figura 2) constituye uno de los asentamientos fundados durante la colonia por los españoles (Molina y Palmer 2013). En el año 1575 se da el asentamiento definitivo de la población, la ciudad se configuró en forma de damero según ordenanzas dictadas por la Corona Española y además se constituyó como la capital de Costa Rica. En la segunda mitad del siglo XVI se inició la construcción de la arquitectura y espacios representativos de la ciudad, otorgando prioridad al Templo Parroquial, la Plaza Mayor y el Cabildo. En el período colonial las construcciones se realizaban con bloques de adobe y techos de paja o de teja. A inicios del siglo XIX empieza a ser más común el uso del bahareque, ladrillo y calicanto (Fonseca et al. 1998).

Los desastres naturales incidieron de manera contundente en la ciudad de Cartago entre el siglo XIX y XX. El Temblor de San Estanislao en 1822, el Terremoto de San Antolín en 1841 y el Terremoto de Santa Mónica en 1910 provocaron su reconstrucción y cambios significativos en la manera de construir ya que se emitieron decretos que regulaban los materiales y los sistemas constructivos a implementar.[1] El terremoto de 1910 derribó casi por completo la ciudad con pocas edificaciones que siguieron en pie, una de ellas fue el Edificio Pirie conocido como la Casa de la Ciudad.

La Casa de la Ciudad se ubica en el Cantón Central de Cartago, Distrito Occidental, Avenida 2, Calle 5. El inicio de su construcción data de la segunda mitad del siglo XIX, sin embargo, la documentación existente no permite precisar la fecha exacta. Según la información disponible en el Registro Nacional de la Propiedad, el Presbítero Juan Andrés Bonilla[2] es el primer propietario de esta vivienda, el dato es del año 1868. Posteriormente, en el año 1882 la vivienda es inscrita por el Presbítero Fulgencio Bonilla, hermano de Juan Andrés (Trejos s.f.).

Según lo indicaron las fuentes orales, el Presbítero Fulgencio Bonilla alquilaba una parte de la vivienda, generalmente a médicos, entre ellos el doctor Alexander Pirie y el farmacéutico Alfredo Pirie. Ambos provenían de Canadá, se establecieron en Cartago junto a su familia a inicios del siglo XX.

Cuando la vivienda era propiedad de los hermanos Bonilla, la misma consistía en una estructura de calicanto,[3] de una sola planta. La construcción

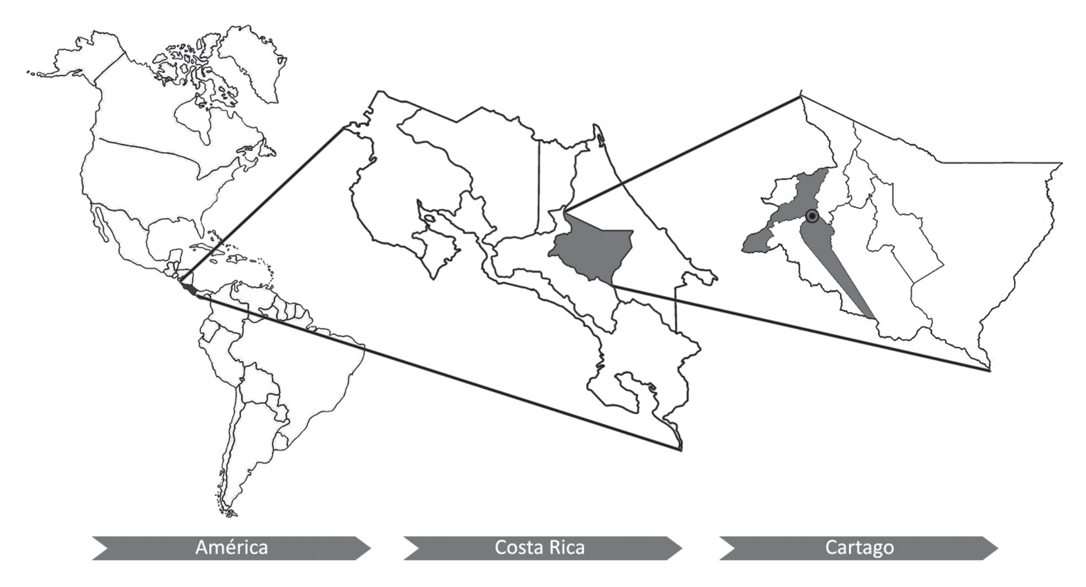


Figura 2
Mapa de ubicación de la Provincia de Cartago. Elaboración: María Fernanda Morera Cortés

del segundo piso se le atribuye al doctor Pirie, según lo indicado por la señora Marjorie Pirie, descendiente del doctor (Chacón et al. 2013, 29-30). El sistema constructivo utilizado, el llamado bahareque francés,[4] fue de uso común a inicios del siglo XX, especialmente después del terremoto de 1910.

La familia Pirie adquirió el inmueble durante la primera década del siglo XX. En la esquina del edificio se ubicó la icónica botica, todo un punto de referencia para la sociedad cartaginesa. Posteriormente, en 1948, la propiedad pasa a manos de la señora Jean Kirkhope Graham de Pirie tras la muerte de su esposo. Graham vende la edificación al Estado, por este motivo la vivienda pasó a ser la sede de la Municipalidad de Cartago. Además albergó otras funciones como la Alcaldía, el Ministerio de Salubridad Pública y la oficina de Correos.

En 1971, la Casa Pirie se convierte en la primera sede del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), una de las cinco universidades públicas del país. Cuando en la década de 1980 el ITCR construye su campus actual, se decide convertir la casa en un centro cultural, de total apertura a la comunidad, es así como inicia el Programa Casa de la Ciudad.

Diagnóstico sobre el estado de la Casa de la Ciudad: estrategia metodológica

La motivación para el desarrollo de este proyecto fue la decisión de participar en el certamen anual Salvemos Nuestro Patrimonio Histórico Arquitectónico. Este certamen es organizado por el Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, ente encargado de velar por el patrimonio del país. Con este fin, el equipo de trabajo se inscribió en un taller sobre diagnóstico de daños, que fue impartido en noviembre del 2011 por el arquitecto cubano, Dr. Pedro Tejera Garófalo. Se adaptó la metodología desarrollada por el Dr. Tejera, que consiste en el uso de fichas que permiten registrar los daños en cada parte del edificio, esto a la vez, permitió documentar los materiales y sistemas constructivos.

Las fichas se acompañaron de un catálogo de daños (figura 3). Este catálogo consiste en un registro detallado de las lesiones del edificio, las lesiones se clasifican en físicas, químicas, mecánicas y biológicas. La descripción de estos daños es detallada, por lo que incluye el registro de materiales constructivos.

Además del diagnóstico, la otra acción que permitió identificar los sistemas constructivos de la Casa

Descripción	Ubicación
Desprendimiento del recubrimiento de las paredes que deja al descubierto la estructura de bahareque francés.	Servicio sanitario del segundo piso, se encuentra clausurado (ejes G-N, 28-30).
Desprendimiento del papel tapiz que recubre algunas paredes de bahareque francés del segundo piso.	Aula de LESCO, segundo piso (ejes S-Z, 30-32).
Desprendimiento de tapiz que recubre la pared de bahareque francés.	Aula para danza y yoga, segundo piso (ejes AD-AE, 18-32).

Figura 3
Muestra del catálogo de daños (Chacón et al. 2013, 153)

de la Ciudad es la intervención al edificio para la ejecución de obras de estabilización y restauración.

La primera intervención se realizó entre el 4 de febrero y el 25 de abril de 2013, la segunda se desarrolló entre el 6 de enero y el 27 de marzo de 2014, la tercera se ejecutó entre el 22 de diciembre de 2014 y 22 de mayo de 2015.

Durante las tres intervenciones desarrolladas, se llevó un registro fotográfico y se elaboraron minutas, lo que permitió llevar un adecuado control de los hallazgos que han permitido comprender por qué esta vivienda es uno de los pocos inmuebles que soportó el terremoto del 4 de mayo de 1910.

El edificio Pirie-Casa de la Ciudad: materiales y sistemas constructivos

El edificio Pirie-Casa de la Ciudad fue construido durante un período de unos 40 años, aproximadamente desde la década de 1870 hasta la década de 1910. Se compone de tres secciones que evidencian sendas etapas constructivas: una primera sección de calicanto que conforma el patio central (figura 4). Una segunda sección la compone la segunda planta, la tercera sección se ubica al costado suroeste del inmueble, se trata de unos aposentos de un nivel, construidos con ladrillo (figura 5).

Sus dos sistemas constructivos principales, el calicanto en el primer nivel y el bahareque francés en el segundo, actualmente se encuentran en desuso. Además, la tercera sección está construida con ladrillo a tizón y soga.

El calicanto es un sistema que se utilizó en Costa Rica desde la época colonial. Según Fonseca y Barascout (1998, p. 108) en esa época se utilizaba la piedra para construir y reforzar edificios, para empedrar las calles y para construir y reparar puentes. La piedra podía ser utilizada con el tamaño y la forma que se encuentra en la naturaleza, o bien, canteada.



Figura 4
Pared de calicanto. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés



Figura 5
Pared de ladrillo. Fotografía: Rosa Elena Malavassi Aguilar

Para cantear la piedra se requería de un artesano especializado: el cantero.

Se debe señalar que el uso de la piedra en una casa de habitación, denotaba un importante rango social de sus propietarios. Lo usual para la construcción de viviendas era el adobe, como se indicó anteriormente, la piedra se reservó para estructuras de mayor escala. Este es un elemento que reafirma la singularidad de este edificio en la ciudad cartaginesa decimonónica.

En el año 1841 el presidente Braulio dictó las *Instrucciones para edificar con firmeza* a raíz de la destrucción que sufrió la ciudad de Cartago con el terremoto del 2 de septiembre del mismo año. Por su fecha estimada de construcción, el Edificio Pirie responde a estas regulaciones que incluyen especificaciones para que la forma de las viviendas ayudara a mejorar la imagen de la ciudad, además, es fundamental la higiene de las edificaciones.

En las *Instrucciones para edificar con firmeza* se limitaba la altura a un piso, esto aplicaba para todos los sistemas constructivos. Se recomendaba como altura adecuada 4,5 varas (3,73 m) desde el nivel de la calle. El Edificio Pirie tiene 3,6 m de alto en sus paredes de calicanto, por lo que cumple con lo solicitado en el documento en cuestión.

Según estas regulaciones, la forma correcta de construir en calicanto era: «Formando el plano del edificio, se demarcará sobre la superficie del terreno destinado a su construcción, delineándose las paredes de tres cuartas de ancho, y abriéndose un foso de esta misma profundidad para los cimientos.» (Obregón 2005, 531). Una cuarta equivale a 21 cm, por lo que los cimientos tenían aproximadamente 63 cm de profundidad y las paredes igual medida en su ancho. Estas medidas coinciden con la estructura actual del Edificio Pirie donde sus paredes de calicanto tienen espesores que van de los 60 cm a los 70 cm.

El mortero debía prepararse con «una parte de cal fresca y fuerte, y dos de arena limpia de tierra y basuras» (Obregón 2005, 531). La altura de los buques de puertas y ventanas se definía cuando la construcción de las paredes llegaba a una altura de tres varas y tres cuartas (3,12 m aproximadamente), los umbrales se formaba con «tres alfajillas de cedro paralelas, unidas cerca de sus extremidades con reglas de tres pulgadas en cuadro clavadas con pernos de hierro; y las separaciones de una a otra de estas alfajillas se cubren con caña gruesa, para contener la mezcla de la hilada sobrepuesta al umbral.» (Obregón 2005, 532). Finalmente la pared se nivelaba con una hilada de ladrillo.

Ante la ausencia de estructuras verticales de soporte, el sistema constructivo del calicanto puede ceder ante los sismos, ésta fue la situación que se presentó en la ciudad de Cartago con el terremoto de 1910. El edificio Pirie fue uno de los pocos que no se derribó, esto se debe a sus proporciones, a pesar de tener un primer nivel de piedra, se trata de una estructura de poca altura (su segundo nivel, que ya existía al momento del terremoto, está estructurada con un sistema más liviano).



Figura 6
Estructura metálica adherida a las paredes de calicanto. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés



Figura 7
Tipo de malla metálica utilizada para el bahareque francés. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés

Los trabajos de restauración evidenciaron la existencia de soportes metálicos adheridos a la estructura de calicanto, los cuales se encuentra localizados tanto horizontal como verticalmente (figura 6). No se tiene seguridad de la época en que este sistema auxiliar al calicanto se colocó en la vivienda, pero es un caso excepcional ya que se ha observado sólo en otra edificación en el país.[5] De acuerdo a lo que se pudo observar hay aproximadamente cuatro elementos verticales y se desconoce la distancia en la que se encuentran los horizontales. Las estructura metálicas verticales están unidas también con la estructura del segundo nivel.

Para el segundo piso de la vivienda se utilizó bahareque francés, un sistema mucho más liviano y flexible ante los sismos. Consiste en una plantilla de madera, tela metálica y un repello de cemento (figura 7). El bahareque francés en el edificio se construyó con dos tipos de tela metálica, una de ellas no era de uso frecuente, ya que se asegura que sólo se ha observado en otro edificio en todo el país (figura 8). En las cubiertas se siguió utilizando la teja de barro. En la ampliación del costado oeste del edificio se utilizó ladrillo a tizón y soga.

En las fotografías posteriores al terremoto de 1910 se observa que el edificio Pirie sufrió algunos daños



Figura 8
Tipo de malla metálica utilizada para el bahareque francés. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés



Figura 9
Sección del edificio Pirie dañado por la terremoto de 1910. Fotografía propiedad de Fraser Pirie



Figura 10
Sección del Edificio Pirie dañada por el terremoto de 1910. Fotografía propiedad de Jorge Valverde



Figura 11
Estructura de los balcones antes de la restauración. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés

en el segundo piso (figuras 9 y 10). A pesar de la flexibilidad del bahareque francés, la estructura cedió en algunos tramos ante el peso de las tejas de barro. No obstante, se trató de daños reparables.

Otro aspecto a destacar es la losa del segundo piso. Recubierta de mosaicos, permitía tener un espacio abierto, destinado a la terraza. Esta losa se encuentra anclada a las paredes de calicanto, resistió adecuadamente el terremoto de 1910, actualmente se encuentra en buen estado.

Otro material presente en el edificio es la madera. Para obtener un diagnóstico acertado sobre los tipos de maderas y su estado, se solicitó el apoyo de la Escuela de Ingeniería Forestal del TEC. Los doctores Alexander Berrocal Jiménez y Edwin Canessa Amador elaboraron un informe donde indican que las maderas predominantes en el Edificio Pirie son cedro dulce, laurel y pochote. En menor medida se utilizó en los pisos del primer nivel madera de surá, Guanacaste macho y chiricano (Berrocal Jiménez 2012). Todas son maderas nacionales. Estas maderas fueron utilizadas en pisos, rodapiés, puertas, ventanas y cielos.

En el segundo piso existen balcones de concreto que se soportan por modillones presentes en la fachada y además se apoyan parcialmente en las paredes de calicanto. Estos balcones poseen elementos metálicos que unen la estructura del segundo nivel con las estructuras metálicas del primer nivel, por lo que hay unión de madera, metal y concreto. En el proceso de restauración no fue necesario realizar trabajos mayores de estructuración de los balcones, sino afinar algunas uniones entre los materiales introduciendo varillas metálicas y sellando el espacio con concreto (figuras 11 y 12).

En los pisos, además de la madera se encuentran dos secciones con baldosas de barro, una en el antiguo ingreso de la vivienda, al costado sur, y otra en el costado norte del edificio. Sin embargo, lo más valioso es la cantidad de mosaicos que se encuentran por toda la vivienda. Como parte del diagnóstico realizado, la integrante del equipo de trabajo Carolina Chacón, realizó un levantamiento de los distintos diseños de mosaicos, con este material se elaboró un catálogo (figura 13).



Figura 12
Estructura de los balcones después de la restauración. Fotografía: María Fernanda Morera Cortés

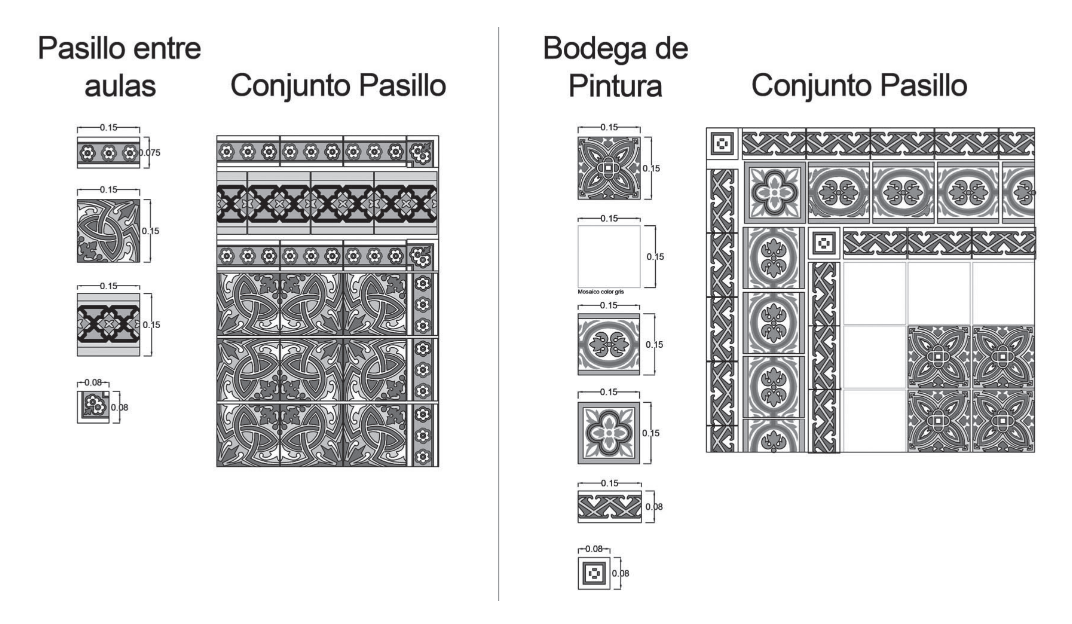


Figura 13
Detalle del levantamiento de los mosaicos de la Casa de la Ciudad. Elaborado por: Carolina Chacón Fallas

Según las fotografías antiguas recopiladas, procedentes de colecciones privadas como la del señor Fraser Pirie y la colección que resguarda la Casa de la Ciudad, antes del terremoto de 1910 el Edificio Pirie estuvo recubierto de placas de mármol (figura 14), esta característica refuerza su presencia en el espacio de la ciudad, donde sobresalía tanto por su escala como por su lenguaje caracterizado por elementos neoclásico, como por sus materiales, no era usual encontrar mármol en los revestimientos externos de las viviendas. Actualmente, de esas placas de mármol solamente se conservan las que recubren las paredes del baño ubicado en el segundo piso del edificio (figura 15). Desde el punto de vista simbólico, el uso del mármol refleja el poder adquisitivo de la familia y su posicionamiento en la ciudad cartaginesa.



Figura 14
Uso del mármol en la fachada de la vivienda, imagen anterior al terremoto de 1910. Fotografía propiedad de Fraser Pirie

Conclusiones: El edificio Pirie y su relevancia para la historia de la construcción en Costa Rica

La ciudad de Cartago es de gran relevancia para Costa Rica, al ser la capital durante el periodo colonial, es la zona del país que resguarda la mayor cantidad de estructuras arquitectónicas coloniales. Una de ellas es la Casa de la Ciudad, si bien su construcción inició años después de la independencia, su configuración originaria con patio central, y el uso del calicanto, son ejemplos de la forma de construir heredada de la colonia.



Figura 15
Uso del mármol en recubrimientos de paredes interiores del edificio. Fotografía: Rosa Elena Malavassi Aguilar

A la vez, este edificio permite estudiar otros sistemas constructivos, como el ladrillo a soga y tizón, y el bahareque francés. Además, se encontraron refuerzos estructurales que no son comunes en los edificios costarricenses, lo que ha permitido plantear hipótesis sobre la excelente respuesta que tuvo el inmueble ante el terremoto del año 1910.

Precisamente los terremotos han marcado coyunturas importantes para el desarrollo de regulaciones constructivas en Costa Rica. A la vez, ante la destrucción causada, los sismos han borrado gran parte de la historia de nuestras ciudades. De gran importancia es la valoración del edificio como un ejemplo de las «Instrucciones para construir con firmeza» del año 1841. Este es uno de los pocos inmuebles que permite conocer como se aplicaron las regulaciones para construir en calicanto, por lo que es un testimonio de la Costa Rica decimonónica.

Sobre las intervenciones realizadas al inmueble a partir del año 2013, es necesario señalar la importancia de la aplicación de métodos detallados de diagnóstico. En el caso expuesto, fue muy importante el uso de fichas que permitieron documentar el estado del edificio al momento de iniciar las obras. Durante el proceso de estabilización y restauración, se llevó una bitácora y un registro fotográfico, además de la elaboración de minutas, todo esto ha permitido interpretar el edificio y comprender su valor desde el punto de vista técnico.

Finalmente, se establece una relación entre el uso de materiales y sistemas constructivos con el poder adquisitivo de sus dueños. En el caso de la Casa de la Ciudad, su construcción en calicanto en el siglo XIX, demuestra el poder adquisitivo de la familia de los sacerdotes Bonilla, la piedra no se utilizaba para viviendas, al contrario, estaba destinada a iglesias y edificios públicos. Con la llegada de los Pirie, la casa adquiere un lenguaje académico con la presencia de elementos del neoclásico, además, el uso del mármol en la fachada y su escala, al pasar a ser un edificio de dos pisos, demuestran el buen posicionamiento en la sociedad cartaginesa de la familia Pirie.

Actualmente el edificio Pirie brinda un importante servicio a la comunidad cartaginesa, continúa siendo un punto de referencia ya que los vecinos que superan la media década de vida continúan asociando este inmueble a la desaparecida botica. Por lo tanto, al valor histórico y social de este edificio, debe agregársele el valor científico.

Notas

1. Fonseca et al. (1998) establece que el terremoto de San Antolín provocó que se promulgara el primer código de construcción de Costa Rica denominado Instrucciones para Construir con Firmeza. Las consecuencias provocadas por el Terremoto de Santa Mónica generaron la promulgación del Reglamento de Construcciones Urbanas, de acuerdo a lo que establece Fernández (2008) se elaboró en 1910.
2. Tomos del Registro Nacional de la Propiedad, Partido Cartago, finca 10304, tomo 202, folio 23, asiento 1
3. El calicanto consiste en una estructura de piedra unida con una argamasa de cal y arena.
4. El bahareque francés consiste en una retícula de madera recubierta de malla metálica y repellada con cemento.
5. Información brindada por funcionarios del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.

Lista de referencias

Berrocal Jiménez, A. (2012). *Informe diagnóstico de maderas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago: Escuela de Ingeniería Forestal.

Chacón Fallas, Carolina; Rosa Elena Malavassi Aguilar, María Fernanda Morera Cortés, Silvia Morera Rodríguez, Róger Robles Chinchilla, Manfred Robles Naranjo,

Enmanuel Salazar Ceciliano. 2013. *Puesta en valor del Edificio Pirie-Casa de la Ciudad. Propuesta arquitectónica y urbana.* Propuesta presentada al certamen Salvemos Nuestro Patrimonio Histórico Arquitectónico.

Fonseca, Elizabeth y Enrique Barascout. (1998). «Historia de la Arquitectura Colonial». *Historia de la Arquitectura en Costa Rica*. San José, Costa Rica: Fundación Museos del Banco Central.

Molina, Iván y Steven Palmer (2013). *Historia de Costa Rica*. San José: Editorial Universidad de Costa Rica.

Obregón Quesada, Clotilde. 2005. *Historia de la ingeniería en Costa Rica*. San José, Costa Rica: Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica.

Trejos, Juan de Dios. *La Casa de Pirie*. (s.f.). s.l.

En busca de un nuevo orden. Las bóvedas cáscara de Amancio Williams como sistema de techos altos

Luis Müller

En la historia de la arquitectura moderna muchos arquitectos han realizado edificios icónicos por los que son reconocidos, pero pocos lograron diseñar un elemento arquitectónico que pudiera utilizarse con independencia de su propósito original y, además, lograr ser identificado con el mismo.

El caso de Amancio Williams (Buenos Aires, 1913-1989) se inscribe en el segundo registro. El desarrollo de un sistema de techos altos como segunda cubierta, que pudiera ser utilizado para proteger distintas arquitecturas de las inclemencias climáticas (en particular de la incidencia del sol), ocupó gran parte de su vida profesional, constituyendo un motivo utilizado en una extensa serie de proyectos.

Dentro de esas búsquedas, destaca el desarrollo de un elemento al que dio el nombre de «bóveda cáscara», también conocido como «paraguas» o «sombrilla», una estructura de hormigón armado que, por su logrado resultado estético y compromiso estructural, bien puede considerarse un destacado ejemplo de una época marcada por una intensa experimentación con las estructuras de resistencia por forma y, a la vez, un producto de la modernidad que trascendió a su propio tiempo.

Arquitectura como invención

Hacia mediados del siglo XX Williams había constituido un universo propio a partir de proyectos que, por lo general, no fueron promovidos por encargos externos sino por su propia iniciativa. Si en la década de 1930 se había aproximado a la formación técnica estudiando la carrera de ingeniería por tres años y dedicándose otro tanto a la aviación como piloto, en la siguiente se abrirá definitivamente hacia la arquitectura, a partir de la obtención del título de arquitecto en la Universidad de Buenos Aires, en 1941.

En esos años desarrolló una intensa actividad explorando los alcances de propuestas innovadoras en el campo del proyecto arquitectónico. De todas ellas, salvo la «Casa sobre el arroyo» (Mar del Plata, 1942) que presenta una conceptual síntesis formal y destaca por la perfección de sus detalles y el acabado preciosista del hormigón martelinado (que es estructura y a la vez envolvente), las demás propuestas quedaron en planos sin concretar.

Sin embargo, esas propuestas muestran un grado de experimentación sobre problemas de proyecto que concentran una gran cantidad de planteamientos innovadores, los que podrían calificarse como invenciones, que no pudieron realizarse, pero que dejaron abiertas unas ideas que tiempo después serían retomadas por el mismo Williams, o por otros arquitectos que, inspirados en ellas, las desarrollaron y las actualizaron.

Entre esos trabajos podemos mencionar «Viviendas en el espacio» (1942); «Sala para el espectáculo y el sonido en el espacio» (1943) –una innovadora configuración de sala cuya forma deviene de la optimización acústica, por la que obtuvo medalla de oro en la Exposición Internacional de Bruselas en 1958-;

«Aeropuerto para la ciudad de Buenos Aires» (1945) –una gran estructura de hormigón armado apoyada en el lecho del Río de la Plata, y el «Edificio suspendido de oficinas» (1946) –un gigantesco pórtico de hormigón armado del que se cuelgan las grandes cajas metálicas de varios niveles de oficinas-, entre otros.

La amplia difusión que tuvo la Casa sobre el arroyo a través de diversas publicaciones internacionales, así como los premios recibidos y apariciones de los trabajos mencionados en revistas europeas y americanas, generaron un extendido prestigio y reconocimiento para Williams, quien en 1947 entra en contacto con Le Corbusier y, al año siguiente, es recomendado por éste para hacerse cargo de la realización de la casa que el arquitecto suizo estaba proyectando para el Dr. Curutchet en la ciudad de La Plata, Argentina.

Casi simultáneamente a este hecho trascendente, Williams recibía un encargo que por primera vez lo ponía frente a un comitente concreto y de gran escala: el Estado Nacional. En 1948 el Ministerio de Bienestar Social del gobierno argentino, por entonces a cargo del presidente Juan D. Perón, le encomendó el proyecto de tres hospitales para ser ubicados en distintas localidades de la provincia de Corrientes, al noreste del territorio nacional, que estarían integrados a un amplio plan de salud diagramado para el país en su conjunto.

La ubicación geográfica de estos emplazamientos, en un territorio despoblado con un clima subtropical caracterizado por altas temperaturas, fuerte incidencia del sol y lluvias intensas, provocó en Williams la inquietud de resolver un modo de mitigar estas condiciones mediante la arquitectura misma, como un dispositivo de control del clima. Esta búsqueda lo llevaría a desarrollar su invención más singular, el elemento al que llamó «bóveda cáscara».

Dadas las condiciones del encargo, el arquitecto se trasladó al área de emplazamiento de los futuros hospitales en julio de 1948, con el propósito de tomar conocimiento directo de las condiciones físicas y sociales de la región. En ese viaje no sólo pudo percibir la extensión horizontal de la llanura que constituye ese territorio sino que, a través de las fotografías tomadas por él mismo, se aprecia el impacto que, en su percepción de hombre urbano, pudo haberle causado la omnipresencia de un cielo de horizonte ilimitado, que lo cubre todo para dejarlo a merced de la fuerte radiación solar.

Atendiendo a estas particularidades propias del sitio, buscó en las construcciones populares las respuestas decantadas por siglos de tradiciones constructivas, que se manifestaban en las galerías que, a un lado y otro de las edificaciones, se abrían como espacios de protección, llegando a cubrir el perímetro de las manzanas para dar una circulación pública protegida.

Esa mirada atenta y un enfoque inteligente del problema, condujeron a una búsqueda de soluciones que, desplazándose del tradicionalismo folklórico (Goldenberg 1957) hacia una interpretación absolutamente contemporánea, se relacionaba con los avances técnicos tanto como con las tendencias estéticas en vigencia.

La bóveda cáscara como nuevo orden arquitectónico

Williams hace mención a que su interés por los «techos altos» se inició aproximadamente en 1939 (Williams 2008), de lo que se deduce que ya en sus años de estudiante era un tema que le merecía atención. Los hospitales que debía proyectar ofrecieron la oportunidad adecuada para desarrollarlos y desde los primeros esbozos se reconoce la decisión de integrarlos al diseño de los edificios. La participación del arquitecto catalán Antoni Bonet en la etapa de anteproyecto seguramente fue un aliciente más para analizar el tema, teniendo en cuenta su participación en el atelier de Le Corbusier cuando, en 1937, participó del proyecto para el pabellón de Francia a montarse en la «Exposición del agua» de Lieja en 1939. Aquella propuesta de quien ambos consideraban una referencia insoslayable, podría ser un punto de partida sobre el que giraron las primeras ideas para los hospitales que, a semejanza del mencionado pabellón, se plantearon como unos edificios horizontales, desplegados en el terreno bajo una segunda y amplia cubierta protectora sobreelevada a más de diez metros de altura.

Los tres hospitales fueron concebidos como un sistema con características similares aunque particularmente pensadas para cada caso. En síntesis, los edificios se desarrollarían bajo una cubierta elevada resuelta mediante una grilla de retícula cuadrada, cuya modulación podía ser de 9, 11, 12 o 13 m de lado. En los casos de mayor magnitud, la planta rec-

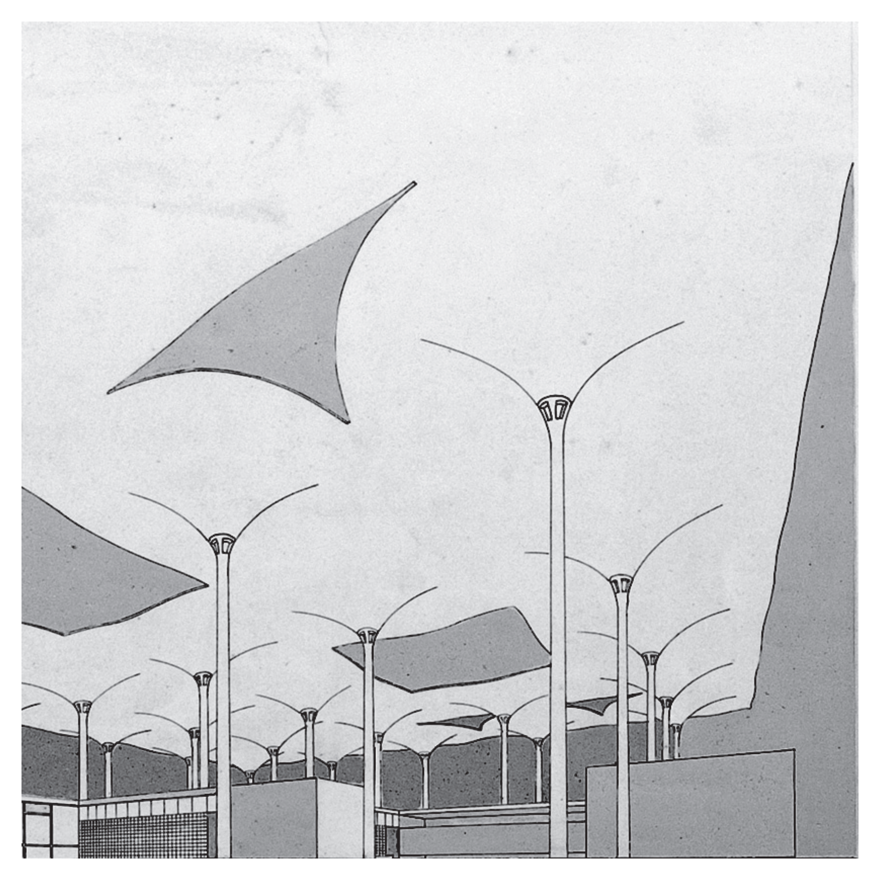


Figura 1
Perspectiva de proyecto de Hospital para la Provincia de Corrientes, 1948-1951 (Archivo Williams)

tangular del techo alto tendría 11 × 6 módulos, lo que podría alcanzar a 143 × 78 m, lo que equivale a decir que cubriría una superficie continua de algo más de 11.000 m^2 si no se descuentan los sectores que quedarían descubiertos para dejar que el sol penetre hacia sectores estratégicamente definidos.

El desafío implicaba dos aspectos centrales: la cuestión formal, que debía dar como resultado un elemento estéticamente logrado, con una imagen ligera y despejada, y la cuestión técnica, que posibilitara calcular y construir semejante estructura en hormigón armado. En cuanto al primero de los aspectos mencionados, la forma fue motivo de numerosos ajustes hasta alcanzar un alto grado de refinamiento, en tanto que las cuestiones técnico constructivas sin duda implicaron los mayores retos. Sin embargo, ambas dimensiones estaban estrechamente ligadas, en la concepción de Williams la forma debía responder a las solicitaciones mecánicas de la estructura y al material utilizado.

Si bien la decisión de proyecto indicaba una estructura de planta cuadrada, en el hecho de plantearla con forma de paraguas invertido estaba también la de derivar la bajada de las aguas pluviales por el interior de la columna central que haría de sostén en cada módulo.[1] Siendo la columna de planta circular, la transición entre el cuadrado externo y el círculo central planteaba un problema formal que debía atenderse con atención para encontrar las líneas y proporciones que dieran un resultado armónico sin interrupciones o saltos bruscos. La forma resultante se definió por una forma de peralte ascendente desde

el apoyo central que debía asegurar la resistencia por forma de una delgada lámina, que se pretendía llevar a su mínima expresión en los bordes. Esta conjunción daba dos cortes diferentes, ya sea que se realizara por las diagonales (uniendo las esquinas) o por los ejes centrales paralelos a los bordes; pero saliéndose de estos ejes la gradual variabilidad de las formas daría tantas posibilidades diversas como secciones se practicaran.

La idea de continuidad en toda la extensión llegaba a su punto crítico en el encuentro del paraguas invertido con la columna, como sucede en la unión del cáliz de una copa con el tallo. Esa conflictiva articulación fue estudiada incluso con el propósito de operar como válvula de seguridad en caso de una accidental obstrucción del conducto de desagüe (lo que podía derivar en una situación de excesiva sobrecarga) por lo que se ideó una pieza con perforaciones que permitieran la evacuación del agua ante una eventual acumulación indeseada. Los primeros croquis en busca de la forma adecuada remiten a una asociación formal con piezas de instalación sanitaria con resultados un tanto toscos, pero la insistencia en la búsqueda de una forma óptima finalmente concluyó en un diseño que armoniza fluidamente las partes dando una perfecta integración, que prescinde de la idea de «columna con capitel». Por su parte, la cáscara superior que forma el cáliz, obtiene su resistencia mediante curvaturas que permiten un pronunciado adelgazamiento de los espesores hacia los bordes.

Aquí es donde entra a gravitar fuertemente la cuestión técnica y, fundamentalmente, lo referido a las definiciones estructurales, más aún considerando que para la época no se había desarrollado el cálculo científico para cáscaras de doble curvatura y resistencia por forma.

A mediados del siglo XX en distintos países se estaba experimentando con el hormigón armado con distintos resultados: las columnas fungiformes de Frank L. Wright en la Johnson Wax Co. en Racine (que podrían ser vistas como antecedente de las de Williams; Pier Luigi Nervi en Italia con estructuras nervuradas de ferrocemento; Le Corbusier con la robustez del material a la vista en la Unidad de habitación de Marsella (1946) o en Chandigarh (1953) entre otros; pero las búsquedas más interesantes se estaban dando en torno de las superficies laminares, como las que diseñaban Eduardo Torroja en el Mercado de Abastos de Algeciras (1933) y el Hipódromo de la Zarzuela de Madrid (1935); Oscar Niemeyer en la iglesia de Pampulha (1942-1944); Eero Saarinen en el Kresge Auditorium de Cambridge (1950) y, fundamentalmente, Félix Candela (Pabellón de Rayos Cósmicos en la Ciudad Universitaria de la UNAM, México DF, 1951 – Iglesia de la Medalla Milagrosa, México DF, 1953); o algo más tarde Heinz Isler en Suiza en trabajos como el Pabellón en parque Wiss, (Zuchwill, 1962) - Área de servicios en autopista (Deitingen sud, 1968). Por su parte, una mención especial merecen los resultados con cerámica armada desarrollados por el ingeniero uruguayo Eladio Dieste en la iglesia Cristo Obrero de Atlántida (1952).

Ante la falta de certezas científicas Williams optó por los métodos experimentales utilizados por Torroja, desarrollando modelos a escala para someterlos a pruebas de carga. El proceso de ensayo y aplicación intuitiva del cálculo en relación con el modelo fue desarrollado con la asistencia del ingeniero italiano Giulio Pizzetti, quien por entonces residía en Buenos Aires.[2]

Ambos, arquitecto e ingeniero, explican estos procedimientos con referencia al uso del hormigón armado, evidenciando claridad conceptual respecto del momento histórico en que estaban situados:

> ... la técnica del nuevo material evolucionará rápidamente, produciendo en estos últimos años, creaciones que, como la bóveda cáscara, aportan nuevas soluciones constructivas y plásticas a la arquitectura moderna.
>
> En un principio, los métodos de cálculo se realizaban considerando la estructura formada por sólidos prismáticos, vigas o columnas, similares a los de hierro y madera. Se imitaba en su aspecto formal a las construcciones realizadas con estos materiales, y por medio del cálculo teórico se obtenía el dimensionamiento de los elementos del edificio. En cambio, al considerar la estructura actuando como un conjunto único, se hace posible la construcción de la bóveda cáscara, que aprovecha al máximo el valor estructural que puede adquirir una lámina resistente con el diseño adecuado. El problema de la forma reviste así una importancia fundamental en este tipo de estructuras, que se proyectan y ensayan experimentalmente con anterioridad al cálculo teórico, que es sólo de verificación. (Williams y Pizzetti 1957, 32)

Así se llevó a cabo un trabajo de ensayos, comprobaciones y ajustes que eran vueltos a verificar mediante mediciones controladas. Los arquitectos Helvidia Toscano de Saal y Jaco Saal, quienes colaboraron

con Williams en su estudio desde 1951 hasta 1968 y participaron de estos trabajos, dan cuenta de cuánto había de experiencia acumulada y aproximación intuitiva a la hora de tomar decisiones. A pesar de la extensión del relato, dado lo revelador de su testimonio es conveniente reproducir íntegramente el pasaje en el que refieren a ese episodio:

Diseñada una posible armadura, debían entonces realizarse los ensayos para verificar que todas las partes de la bóveda trabajaran a la tracción únicamente, ya que el espesor asignado de 4 cm en la parte más fina no daba resistencia para trabajos a la compresión.

Faltaba aún determinar un proceso de cálculo que permitiera definir; para cada punto de la bóveda la altura que le correspondía respecto del plano horizontal que pasa por la base.

Se pensó entonces en tomar la diferencia de altura entre los dos cortes, el diagonal y el transversal, como alturas máxima y mínima de sinusoides de revolución, lo que permitió definir la cota de cualquier punto.

Se pasó a continuación a realizar los ensayos de la misma, que hicimos en el Instituto de Ensayos de Materiales de la Municipalidad de Buenos Aires. Allí trabajamos sobre modelos naturales en escala 1:10 de la bóveda, respetando los espesores establecidos, así como el diámetro de los alambres, de acuerdo a esa reducción del 1:10 del diámetro proyectado.

Conviene aclarar aquí, que al trabajar en modelos a escala reducida, no se reduce en forma proporcional el peso del modelo, este es mucho menor, de modo que antes de iniciar los ensayos, debíamos cargar el modelo con bolsitas con arena, uniformemente repartidas, hasta lograr imitar el peso propio correspondiente.

A partir de allí, mediante la utilización de extensímetros y deflectómetros, ir cargando el modelo y verificar el comportamiento del mismo.

Pese a que la resistencia del modelo era satisfactoria, se detectaron sectores cercanos a los ángulos, donde aparecían compresiones. Entonces, el ingeniero Pizzetti propuso la realización de un modelo sin armadura, que se cargara hasta provocar su ruptura, para apreciar su comportamiento.

Realizando una investigación de los resultados, Williams llegó a la conclusión de que el problema radicaba en el peralte de la bóveda: 1,83 metros no era suficiente para lograr el correcto trabajo por forma, con lo que se rehicieron los dibujos, llevando dicho peralte a 2,26 metros –Amancio trabajaba siempre con las medidas del Modulor de Le Corbusier-.

En total realizamos 7 modelos, al cabo de los cuales el trabajo por forma era perfecto, todo trabajaba a la tracción, los deflectómetros daban medidas totalmente aceptables. Además, el diseño de las bóvedas permitía perfectamente el recorte de uno o más triángulos −las esquinas de las bóvedas-, lo que permitía abrir este paraguas protector en todos aquellos sectores que por requerimiento de luz fuera necesario. (Toscano de Saal y Saal 1998, 14).

Sin duda la afinidad con los temas estructurales que demostraba Williams provenía de sus años de estudio en la facultad de ingeniería, aunque para el caso es probable que también hayan jugado a favor sus conocimientos de aeronáutica, de los que provendría la interpretación del comportamiento de las formas en relación con la incidencia del viento (la forma que adquiere el corte remite innegablemente a la imagen de un par de alas):

En el caso que nos ocupa, se ha logrado una bóveda cuadrada de 13 metros de lado y 4 centímetros de espesor. Cada unidad resiste cargas extraordinarias y puede mantenerse en equilibrio por sí misma sin necesidad de ningún punto de contacto con las otras bóvedas que forman la estructura. Ofrece muy poca resistencia al viento y tiende a descargarse de peso por acción del mismo. (Williams y Pizzetti 1957, 33)

Finalmente, luego de una intensa experimentación, ajustes de forma, de cuantías de hierro, de dosificaciones del hormigón y consultas a Pier Luigi Nervi, hacia 1951 el modelo básico estaba desarrollado. Constan en el archivo Williams los planos detallados de las armaduras, del sistema de desagüe, las planillas de hierros, el correspondiente cómputo y, en general, toda la documentación que hubiera sido necesaria para la construcción. Pero dentro de las contingencias directamente relacionadas con la obra, aparece un problema que, si bien transitorio, no es menor y adquiere una importante magnitud en razón de la escala de los edificios a construir: el moldeo y los encofrados necesarios para realizarlo.

En este punto es que se alojó una de las mayores dificultades. Por entonces la prefabricación aún no estaba desarrollada en la industria de la construcción en Argentina y resolver los moldes en madera implicaba unos costos muy altos, sobre todo afectando el rubro mano de obra. Unos años más tarde Félix Candela realizaría grandes cáscaras de hormigón armado en complejas superficies de doble curvatura, y pudo hacerlo por las condiciones laborales mexicanas que aportaron una mano de obra económica, condición que no era equivalente en el país sudamericano.

Una alternativa para Williams podría haber sido pensar en encofrados metálicos formados por tramos en chapa de hierro, lo cual hubiera sido posible empleando capacidades instaladas en las industrias naviera o de fabricación de tanques y calderas, pero esta posibilidad fue desestimada probablemente por la escasez de hierro que afectaba a la región en la posguerra, derivando ese material en todo lo posible hacia las funciones estructurales.

Tiempo más tarde, resuelta la disponibilidad de chapas metálicas, se planteó esa alternativa que, seguramente, habría facilitado el montaje y la capacidad de recuperación y reutilización de las piezas, pero en las circunstancias de la coyuntura la elección se orientó hacia una opción que reducía al mínimo la utilización del hierro: el ferrocemento, un material con el que ya había experimentado largamente Nervi en Italia, en la producción de encofrados perdidos para estructuras e incluso en la fabricación de cascos para embarcaciones.

El sistema ideado por Williams consistía en unas piezas que serían utilizadas como bandejas acopladas entre sí, realizadas en delgadas láminas de ferrocemento con un reborde que permitiera fijar prensas de tornillo para dar continuidad entre las partes y asegurarlas. Todo el procedimiento aparece como bastante trabajoso para ser llevado adelante. Lo primero sería crear una contraforma a escala natural moldeada en un túmulo de tierra, para encima de ella modelar las piezas del encofrado, las que una vez aptas para ser utilizadas deberían pasar a la segunda instancia de integrarse en un conjunto que, dispuesto en la altura correspondiente y en torno de la columna central, constituyera un encofrado recuperable. Una vez éste instalado, antes de proceder a la disposición de los hierros de armadura y el colado del hormigón, estaba previsto rellenar las juntas entre las secciones del molde con una colada de yeso y alisarlas, para evitar posteriores marcas en la superficie que quedaría a la vista una vez que éste fuera retirado.

A tal efecto, cada una de las superficies a construir (que en el mayor de los casos llegaba a 169 m^2) sería dividida en cuatro cuadrantes, subdivididos a su vez en cuarenta fracciones cada uno, lo que hace un total de ciento sesenta partes. La compleja geometría de las cáscaras, que no terminan respondiendo plenamente a una forma de revolución ni resultan de la matriz de un paraboloide, llevó a una solución que estuvo definida por una partición en líneas radiales y círculos concéntricos, que en función del alabeo dado por la posición relativa de cada parte en el conjunto, terminaría dando una variedad de cuarenta tipos diferentes de moldes para completar una sola cáscara (Müller 2012).

Todo este procedimiento, sumado a la necesidad de elevar unos diez metros las piezas para ser ubicadas en posición y las dificultades de trabajar en altura para su armado, nivelación y ajustes, en el mayor de los casos se tendría que haber realizado algo más de en sesenta oportunidades para construir la cubierta de uno de los hospitales, lo que también habla de importantes costos operativos que incidirían fuertemente en el presupuesto.

De todos modos no sería ése el motivo por el cual los hospitales finalmente no fueron construidos sino por cuestiones más complejas, en las cuales es muy probable que hayan influido tensiones políticas internas al propio gobierno (Müller 2015).

Sin embargo, a pesar de la frustración por no haberse concretado ese proyecto para el que se dedicaron años de trabajo, las «bóvedas cáscara» no quedaron allí sino que cobraron un protagonismo propio, independizándose de los hospitales; el factor determinante para su concepción, las condiciones climáticas, no es privativo de esa región en particular sino que está presente en buena parte del planeta. De hecho, y sólo por poner un ejemplo, la ubicación de los hospitales estaría dada entre los 28º y 30º de latitud sur, prácticamente equivalente a la latitud de Chandigarh en el hemisferio norte (30,75º N) y se puede apreciar una solución semejante en el empleo de un doble techo utilizada, casi simultáneamente, por Le Corbusier en el Palacio de la Corte Suprema de Punjab-Haryane (1951-1956).

Williams entendió que con la «bóveda cáscara» había diseñado un elemento autónomo, un sistema que podía adaptarse a distintas circunstancias y que, de algún modo, había logrado plasmar un nuevo orden, un orden moderno. Si la definición de los órdenes clásicos de la arquitectura implica tanto la columna como lo que por encima soporta (es decir: orden = columna + superestructura), corresponde leer la «bóveda cáscara» en conjunto con la columna que la sostiene; de ese modo, se llega a la comprensión de que se trata de un elemento universal, repetible, transferible y, dada su ausencia de referencias estilísticas, atemporal.

Recuerdos del futuro

Habiendo descubierto la potencialidad del elemento diseñado, Williams lo introdujo en una gran diversidad de proyectos: estación de servicio para Automotores Avellaneda (Avellaneda, 1954/1955); supermercado textil La Bernalesa (Bernal, 1960); Escuela Industrial (Olavarría, 1960); Casa en Punta del Este (Uruguay, 1961); Monumento en homenaje a Alberto Williams (1963); Pabellón Bunge y Born en la exposición de Palermo (1966); Santuario de Nuestra Señora de Fátima (Pilar, 1967/1968); concurso para el Hospital de Orán (Salta, 1970); y el concurso para el Parc de la Villette (París, 1982), entre otras oportunidades (Müller 2014).

De todas estas propuestas, la única que fue construida fue la del Pabellón de exposiciones para Bunge y Born, una empresa cerealera que exhibió en la feria de la Sociedad Rural de Palermo (Buenos Aires, 1966) un par de «bóvedas cáscara» como elemento icónico de su pabellón representativo.

Algunos cambios se produjeron en esta versión. En primer lugar, se descartó la pieza de unión entre el fuste de la columna y la cáscara, reemplazándola por un «collar» de acero inoxidable que, invariablemente remite a la idea de un capitel; si bien constituye una pieza de gran calidad que articula ambos elementos, ha perdido las líneas fluidas que los vinculaba sin solución de continuidad y, con ello, se acentúa la percepción de que se trata de un encaje

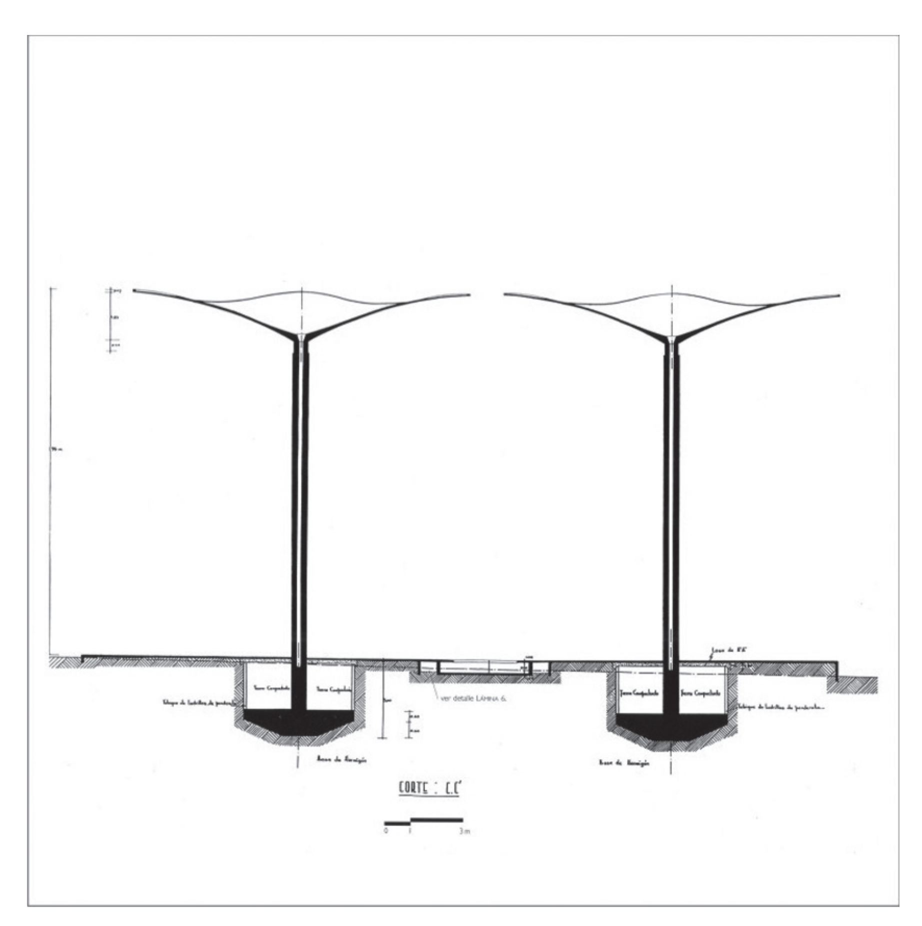


Figura 2
Pabellón Bunge y Born, corte mostrando la sección central de las bóvedas cáscara. (Archivo Williams)

entre ambas partes. Otro aspecto que se simplificó es en la forma de las columnas, que pasaron a ser cilíndricas perdiendo la forma original que se iba adelgazando en altura. En relación con la cuestión del moldeo, las columnas de 11 m de altura y 0,60 m de diámetro contaron con un molde metálico, en cuyo eje longitudinal central se fijó el conducto de desagüe, pero para las cáscaras, que se hicieron de 9 m de lado, se realizó un encofrado de madera que implicó un trabajo artesanal de gran complejidad. El riguroso control del arquitecto dirigió a los maestros carpinteros con la precisión del encargado de un astillero naval, como si se hubiese tratado de la fabricación de una extraña embarcación cuadrada.

Para asegurar la tersura de las superficies del hormigón sobre el encofrado se aplicó una capa de yeso y, por encima, otra de estearina para facilitar el desmolde. Luego de la compleja instalación de las armaduras, finalmente se volcó el hormigón con una fluidez controlada que aseguró la calidad del acabado que se vería desde abajo y materializó un hito que, por su pregnancia formal, se instaló rápidamente en el imaginario de los arquitectos contemporáneos. La visión que ofrecían las dos cáscaras dispuestas en diagonal y aproximadas por los vértices a una distancia de 70 cm, ofrecía un espectáculo plástico de gran calidad escénica, a lo que se sumaba el trabajo de iluminación que jugaba con sus formas. El diseño del conjunto, elaborado hasta el mínimo detalle, contó con la participación de Lidy Prati, una destacada artista plástica que participaba del grupo Arte Concreto - Invención y que, en este caso, colaboró en el diseño del equipamiento, las elecciones cromáticas, lumínicas y tipográficas, entre otros aspectos.

Sin embargo, el destino del pabellón era efímero. Pese a la donación ofrecida por la empresa Bunge y Born a la Sociedad Rural Argentina (que no fuera aceptada), y los denodados esfuerzos de Williams y de su promotor, el influyente coleccionista de arte Ignacio Pirovano para evitar la demolición, apenas dos meses más tarde fue derribado sin contemplaciones. De ese modo se perdió una pieza emblemática de la arquitectura en la Argentina, aunque a través de los registros fotográficos alcanzó un status mítico, convirtiendo a las «bóvedas cáscara» en un ícono asociado inseparablemente a Amancio Williams y, por extensión, a la arquitectura moderna de Argentina.

Algo más de tres décadas después se dio la oportunidad de reeditar en parte la experiencia, ya en ausencia del arquitecto, que había fallecido en 1989. La composición de dos «bóvedas cáscara» alineadas por una diagonal, y casi tocándose por sus vértices, ya

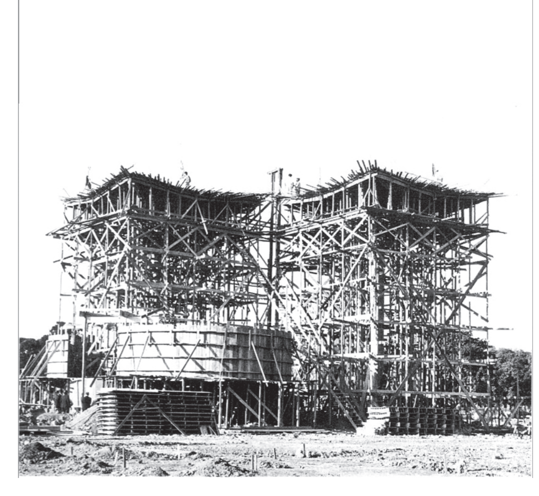


Figura 3
Pabellón Bunge y Born, imagen de obra mostrando las estructuras provisorias de encofrado. (Foto Luis Santos)



Figura 4
Pabellón Bunge y Born en la Sociedad Rural Argentina, Buenos Aires, 1966. (Archivo Williams)

había sido ensayada por Williams en 1963, en ocasión de proyectar un monumento en conmemoración del centenario del nacimiento de su padre, el gran músico y compositor Alberto Williams. El monumento, que no llegó a construirse, estaba pensado para ser emplazado en un parque de la ciudad de Buenos Aires y constituyó el principal antecedente para el Pabellón Bunge y Born. Pero acercándose el fin de siglo, como un designio circular, se produjo un acontecimiento en el que su propio hijo menor Claudio, junto con el arquitecto Claudio Vekstein, en un parque frente al Río de La Plata en la costa de Vicente López, construyeron un monumento recordatorio del fin del milenio y como homenaje a Amancio Williams. En 1999 quedó plasmada la imagen de dos bóvedas cáscaras recortándose en el cielo como un gran objeto escultórico cuya belleza, con la verticalidad de sus columnas resalta el horizonte inagotable del río y genera un llamado a la contemplación bajo las onduladas formas de las bóvedas. En este caso se recurrió nuevamente a los encofrados de madera y se realizó la obra siguiendo fielmente los planos originales.

Con ello, las bóvedas cáscara de Williams habían logrado trascender a su propio autor y sobrevivirlo, pero aún faltaba un capítulo que se impondría como una definitiva afirmación de que esos elementos habían alcanzado su plena autonomía.

En la ciudad de Santa Fe en 2010 se inauguró «El Molino. Fábrica Cultural». En un típico caso de reutilización de instalaciones industriales ociosas, se produjo la transformación de un viejo molino harinero que llevaba décadas sin funcionar y se le dio nuevo uso. El equipo proyectista del gobierno provincial (arquitectos Silvana Codina, Luis Lleonart, Francisco Quijano, con asesoramiento de Mario Correa Aiello) resolvió desmontar la deteriorada estructura metálica de un galpón que separaba el cuerpo de oficinas de la zona de silos. De ese modo se generó una plaza seca lineal que posibilitó unir dos calles; siendo que una de ellas se trata de un bulevar muy transitado y un tradicional paseo de la ciudad, la integración con la calle posterior terminó beneficiando a todo el barrio.

El clima de esta ciudad presenta veranos muy calurosos y el fuerte impacto del sol obliga al peatón a buscar protección en lugares sombreados. Estas condiciones condujeron a que se planteara la necesidad de proveer a esa plaza de un techo alto que diera un microclima al lugar, el que fue pensado mediante trece bóvedas cáscara de Williams, ubicadas en diagonal y separadas ligeramente unas de otras. Con la co-



Figura 5
Monumento del fin del milenio, homenaje a Amancio Williams en Vicente López, 1999. (Archivo Williams)

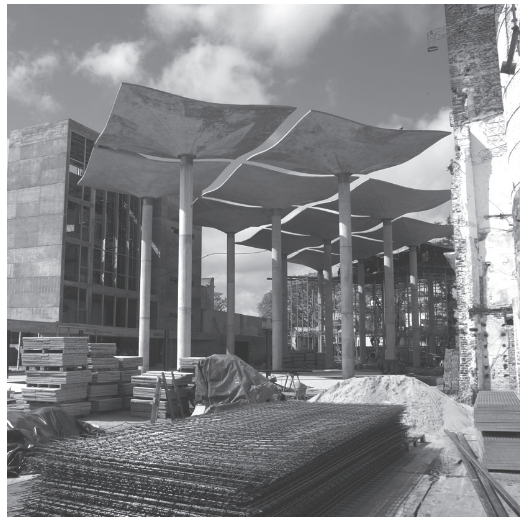


Figura 6
El Molino, Fábrica Cultural. Santa Fe, 2010. Vista del sector de las bóvedas en construcción. (Foto del autor)



Figura 7
El Molino, Fábrica Cultural. Santa Fe, 2010. Una bóveda cáscara recientemente desencofrada, a la derecha y otra aún en su molde. (Foto del autor)



Figura 8
El Molino, Fábrica Cultural. Santa Fe, 2010. Vista del sector de calle cubierta con las bóvedas cáscara. (Foto del autor)

laboración de Claudio Williams, depositario del archivo paterno, se volvieron a utilizar los planos originales.

Esta vez las «sombrillas» serían utilizadas según el propósito para el que fueron concebidas: generar un ambiente más confortable a partir de su sombra. Si en la costa de Vicente López el par de elementos aislados en el paisaje adquiere un sentido escultórico, casi metafísico, en el proyecto para Santa Fe se recupera su sentido más funcional y aporta a la ciudad un escenario calificado. Esta dualidad nos dice de la condición ubicua a la que pueden aspirar: tanto en situación de paisaje natural como en entorno urbano su utilización destaca como un signo de cualificación espacial del ambiente.

El desafío ahora pasaba por la cantidad a construir, que implicó una logística de planificación de la obra y de la construcción de la que no había precedentes. Las técnicas actuales colaboraron en dar soluciones apropiadas: las estructuras provisorias fueron resueltas con andamios tubulares metálicos en lugar de los consabidos tramados de palos de madera, los moldes fueron de plástico reforzado con fibra de vidrio y el vaciado de hormigón se hizo mediante la provisión de hormigón elaborado, lo que permitió un control de calidad homogénea en tanto que con las mangas de vertido se evitaron muchos inconvenientes del acarreo en altura.

La secuencia operativa fue de a pares, levantándose dos plataformas al mismo tiempo a unos 10 m de altura, a las que eran subidos los moldes de PRFV, ocho piezas que, ensambladas, producían la forma requerida. Luego a medida que se iban desencofrando los moldes se pasaban a la plataforma contigua ya preparada, evitando así la operación de bajarlos y volver a subirlos.

Casi seis décadas separan a los proyectos de hospitales para los que se inventaron las «bóvedas cáscara», de la realización de la obra en Santa Fe. Un breve período de tiempo para la historia de la arquitectura pero que, como nunca antes, acumula radicales cambios en las técnicas de construcción y en los recursos para la ideación de formas complejas. Hoy los medios digitales de asistencia al cálculo y el proyecto permiten resolver problemas que Williams afrontó con más intuición que certezas; a pesar de ello, la búsqueda de un nuevo orden arrojó resultados que excedieron límites espaciales y temporales. En esas «bóvedas cáscara» la modernidad del siglo XX decantó en una forma universal para el siglo XXI.

Notas

1. Si bien Williams adoptó convencionalmente la denominación «bóvedas cáscara» para designar a su particular invención, el nombre resulta forzado, ya que si bien se trata de cáscaras de hormigón armado técnicamente no se comportan como bóvedas. En razón de la complejidad de la distribución de los esfuerzos y la imposibilidad de dar un nombre a la geometría de sus formas, es que se han conocido de ese modo, así como también con las apelaciones de «paraguas» o «sombrillas». Mirar Müller (2012).
2 Giulio Pizzetti (1915-1990) nació en Italia, estudió Ingeniería en Torino y en la segunda posguerra vivió un tiempo en Argentina dando cátedra en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Posteriormente Pizzetti dio clases de Ciencia y Técnica de la construcción en el Politécnico de Torino, en la Facultad de Arquitectura de Venecia, en Ulm y en Estados Unidos. Entre 1962 y 1989 dirigió el Instituto de ciencia de la construcción del Politécnico de Torino. Entre sus publicaciones más destacadas se encuentra Principi statici e forme strutturali (con A. M. Zorgno), editado por Unione Tipografico-editrice Torinese en Torino, 1980.

Lista de referencias

Goldemberg, Jorge. 1957. «La poética técnica de Amancio Williams». *nv nueva visión* 9. Buenos Aires: nueva visión.

Müller, Luis. 2012. «Un largo y sinuoso camino. La bóveda cáscara en los proyectos de Amancio Williams». *Block* 9. Buenos Aires: UTDT.

Müller, Luis. 2014. «Los hilvanes del sastre. Sistemas de techos altos en la arquitectura de Amancio Williams». *Bitácora* 28. México: UNAM.

Müller, Luis. 2015. «El edificio como experimento. Amancio Williams: tres hospitales y un sistema». En *Sudamérica Moderna. Objetos - edificios - territorios*, editado por H. Mondragón. Santiago de Chile: ARQ - PUC

Toscano de Saal Helvidia y Saal Jacobo. 1998. «Las bóvedas cáscara». *Revista 3* 9. Buenos Aires: SynTaxis.

Williams, Amancio. 2008. *Amancio Williams*. *Obras y textos*. Editado por Claudio Williams. Buenos Aires: Summa+.

Williams Amancio y Pizzetti Julio. 1954. «Una nueva unidad estructural». *nv nueva visión* 5. Buenos Aires: nueva visión.

El acueducto de La Corredera. Abastecimiento de agua potable en Béjar entre los siglos XV y XIX

José Muñoz Domínguez
Juan Félix Sánchez Sancho

Los estudios sobre arquitectura e ingeniería hidráulica en España vienen aportando desde hace décadas información de gran interés para completar un conocimiento extenso, panorámico, de su realidad a lo largo de la historia y a través de muy diversas tipologías: puentes, presas, canales de riego, sistemas motrices, lavaderos, fuentes o acueductos, ingenios del agua al servicio de las necesidades humanas. Presentamos aquí, en la ciudad del Acueducto, una pieza más de ese mosaico al estudiar el antiguo sistema de abastecimiento de aguas de Béjar (Salamanca), con antecedentes en el siglo XV y hasta ahora desconocido salvo en el ámbito local.[1] Como veremos en estas páginas, no se trata únicamente de un viaje de aguas por gravedad, pues fue mejorado hacia 1574-1578 con un sifón invertido formado por atanores de piedra y a finales del mismo siglo con un tramo aéreo sobre arcos para minorar la excesiva presión, después reparado y reedificado en varias ocasiones y finalmente derribado, sustituido por una instalación en tubos de hierro a 8 atmósferas mediado el siglo XIX, todo lo cual permite exponer un ejemplo muy completo por su diversidad técnica, de largo uso en el tiempo y con el interés de aportar un ejemplo de acueducto sobre arcos al reducido elenco español del Renacimiento, constituido por apenas media docena de casos: San Lázaro en Mérida (1504), Cueva del Fraile en Cuenca (1531-1533), Los Arcos en Teruel (1537-1558), San Giraldo en Ciudad Rodrigo (1554), Los Pilares en Oviedo (1564-1599) y San Antón en Plasencia (1566-1574).

Abordamos el estudio del acueducto bejarano desde una amplia documentación de archivo (más de un centenar de documentos entre 1454 y 1853, inéditos en su mayor parte), fuentes orales y trabajo de campo, con el análisis de los restos conservados y aportación de planimetría de elaboración propia.

Cañería de arcaduces de cerámica (siglo XV)

La existencia de un sistema de abastecimiento de aguas en Béjar se documenta desde 1454, con la referencia a una multa de 1200 maravedís impuesta contra dos vecinos «para reparo de los caños del agua de la dicha villa de Béjar».[2] La iniciativa de este primer encañado fue atribuida al primer duque de Béjar (1453-1488) por el archivero de la Casa Ducal, apenas compatible con la fecha más antigua conocida: «la primitiba dirección y encañado lo costeó el Sr. Duque D^{n} Alvaro el 1º y sus subcesores contribuyeron con grandes sumas en dinero, producto de penas de camara que le pertenecían, y otras rentas.»[3]

Aunque no hemos localizado ninguna otra noticia coetánea, las alusiones a un sistema de «arcaduces»[4] en documentos de 1555 –cuando todavía no se había renovado con obra en piedra– remiten a un tipo de conducción por gravedad, construida a base caños de cerámica, cuyo viaje por los montes de Béjar coincide con los posteriores desde el siglo XVI al XIX, según demuestran los restos dispersos localizados en tramos conocidos como Camino de los Registros y

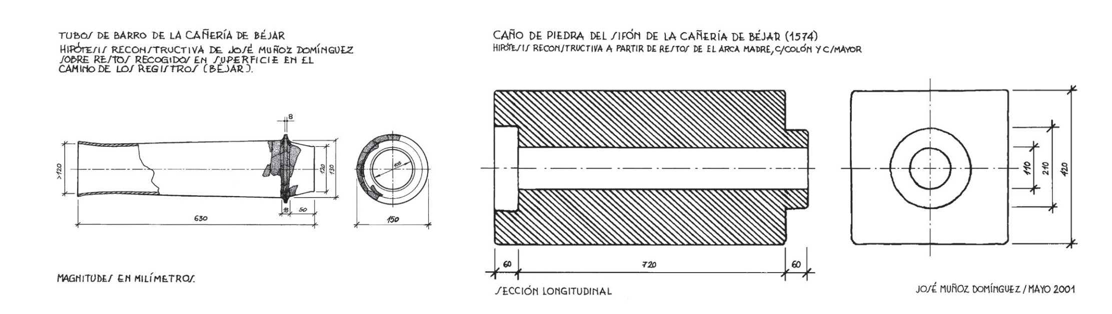


Figura 1
Arcaduz de barro y atanor de piedra del sifón (croquis de José Muñoz Domínguez, 2001)

Cuesta del Arca Madre. Los vestigios de este primitivo viaje consisten en material cerámico muy fragmentado, visible en superficie, y en un corto trayecto con el encañado completo, conservado in situ hasta hace pocos años. Los restos sueltos se localizan en zonas más alejadas, monte arriba, y presentan diferentes gruesos y acabados (figura 1), lo que da idea de la probable superposición de encañados o reparaciones de distintas épocas. En la parte más baja del monte, a escasos metros del contorno urbano, pudimos observar en febrero de 2002 parte del encañado que se encastraba en un muro de mampostería paralelo al sifón del siglo XVI, y que sería parte del primer viaje al que se refiere el documento de 1454. En sucesivas reedificaciones del mismo muro se aprovecharon piezas de piedra del sifón del siglo XVI, aunque todo ello fue derribado poco después con motivo de una promoción de viviendas.

Cañería de sifón subterránea y aérea sobre arcos (siglo XVI)

En el siglo siguiente, el aumento de población y una significativa mejora en la economía local fueron sin duda los factores que impulsaron la renovación parcial de la cañería antigua con un sistema a prueba de roturas accidentales o, más a menudo, intencionadas.[5] Tales daños fueron objeto de sanciones en las Ordenanzas locales[6] de 1577, donde son frecuentes las referencias a las multas por diversos conceptos cuyo importe se aplicaba a la obra de la nueva cañería,[7] pero también al régimen específico sobre la conservación de la existente: «Otro si por experiencia se ha visto que muchas personas riegan sus huertas con el agua de los Caños lo cual es causa que muchos se atreven para los romper y quebrar e destapan las lumbreras y agujeros.»[8]

La posibilidad de quebrar tan fácilmente el encañado demuestra que se mantenía el sistema de arcaduces de barro cocido –seguramente nunca sustituido por completo–, aunque desde varios años antes ya se documentan mejoras parciales en el tramo urbano extramuros por medio de piezas machihembradas labradas en granito de una vara de largo y media de ancho (figura 1) Así, en las Actas Consistoriales de 1574 se registran órdenes sobre «Que se notifique a los que tienen tomados los caños de piedra los alisen de por medio que van barrigas en ellos»,[9] con otras referidas a reparaciones («Que se conpren dos carretadas de cal para adereçar los caños»[10]) o a la zanja por donde discurría el encañado («Que se enrolle lo que esta desenrollado en la calle de la Corredera para los caños»[11]).

Pero esta misma fuente municipal aporta datos precisos sobre el alcance de la obra y sus artífices, al incluir condiciones u otros detalles y consignar los nombres de los maestros y de alguno de sus asistentes, atentos a un proyecto «conforme a la obligación y postura que dello ay»[12] y a las correspondientes trazas, como la de la Arquilla del que los comisionados concejiles esperaban ver en junio de 1574 antes de tomar decisiones.

En enero de 1575, los mismos comisionados «le dieron los caños a Miguel Gonzalez por un año por lo que lo tenia su padre y por si mesmo se labro»,[13] en referencia a la continuidad del encargo entre dos generaciones de canteros de difícil identificación



Figura 2
Aspecto exterior de la «Arquilla del Monte» (o Arca Madre, 1575) antes de las obras de junio de 2015 (foto de los autores)



Figura 3
Interior de la misma construcción (foto de los autores)

que, en todo caso, compartirían la obra con dos cañeros (y canteros) de mayor importancia: Diego de Torres y Diego de la Carrera, citados a partir de junio de ese año.

Por entonces no estaba resuelta la mencionada obra de la arquilla, pues en reunión consistorial del 8 de junio se acordaba notificar «a los cañeros Diego de Torres y Carrera que no toquen en la arquilla del monte ni echen nada por ella sopena de cinco mil maravedis para la Camara y Arca de Concejo»,[14] y comenzaba el proceso para concluir lo iniciado al acordar «Que los señores Alonso Arias y Alonso Hernandez traten con Diego de Torres que cierre la arquilla del monte de sillería y lo concierten con el».[15] Aunque la identificación de esta arquilla entre los restos actuales ofrece ciertas dudas por la diversa denominación que pudo haber recibido y por el hecho de que en la parte alta del monte se ha conservado un arca de piedra con cubierta abovedada, construida en mampostería y sillares en esquinas, el contrato definitivo suscrito entre el consistorio bejarano y Diego de Torres –del 31 de septiembre de 1575–permite identificarla con otra arca de mejor factura (figuras 2 y 3) situada más abajo, en las primeras rampas del Monte Castañar, aunque muy cerca de la población. En dicho documento se denomina con precisión a la futura obra como «Arquilla de la Corredera […] a la parte que mira a esta villa»,[16] lo que despeja cualquier duda sobre su localización.

La arquilla que se comprometía a levantar Diego de Torres «a su costa» debería medir «diez pies de largo (2,78 m) y çinco de ancho (1,39 m) y siete de alto (1,95 m) sobre la tierra a la parte que mira a esta villa y todo lo que fuere necesario debaxo de tierra», toda ella construida

> de canteria lo que saliere de la tierra, y lo que entrare debaxo de tierra lo de dentro de canteria y lo de fuera de manpuesto […] el suelo de las arcas a de ser de lanchas enteras […] y el remate desta arca a de ser de pieças enteras con su moldura boladiça arrededor de toda el arca y ençima otras enteras asta que acabe de enchapar la dicha arca por manera que ninguna agua llobediza entre dentro

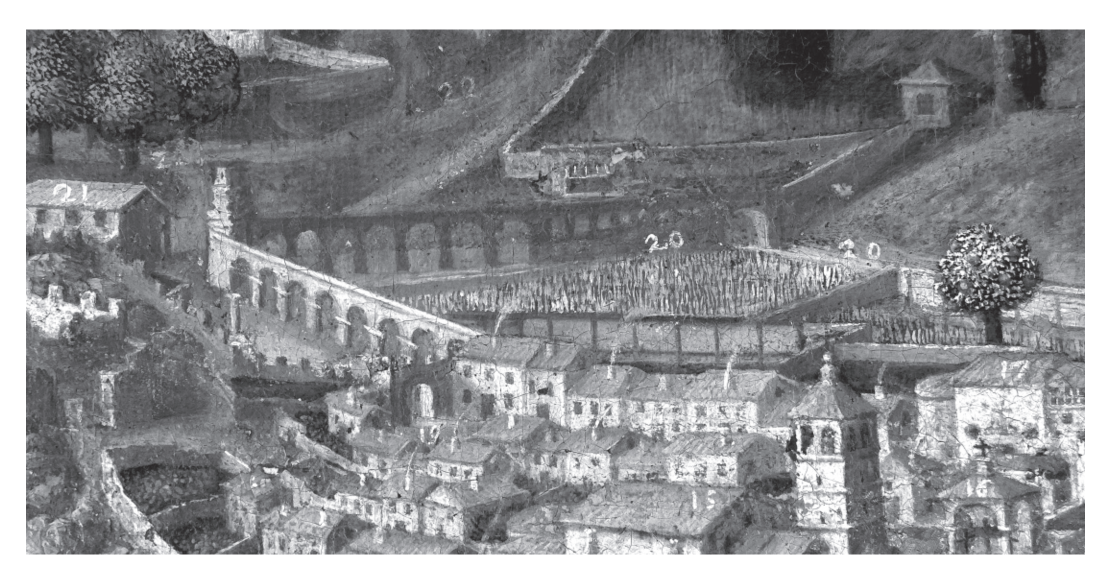


Figura 4
El acueducto de la Corredera (1575-1597) en la *Vista de Béjar* de Ventura Lirios (1726-1727). Colección Duques de Béjar (Colección Duques de Béjar)

El Ayuntamiento bejarano se comprometió a pagar al maestro arquitecto «por las manos y piedra» 13.000 maravedís más los materiales sobrantes del «despoxo del arca vieja» (nueva prueba de la existencia de un sistema de abastecimiento anterior). Los pagos se realizarían 300 maravedís al comienzo y «lo demas después de acabada la obra».

Se trata de una construcción sobria y ajustada a los requerimientos funcionales para los que fue construida, pero en la que no se renuncia a cierta exhibición formal de signo estilístico en su alzado hacia la ciudad, levemente almohadillado y coronado por un frontón de buena traza comparable al de algunas de las conocidas arcas del viaje de aguas de Argales (Valladolid), atribuidas a Juan de Herrera. En el caso de Béjar, esa ostentación se revela apariencia al comprobar cómo las piezas de cornisa pierden su molduración en las partes ocultas, dejadas sin labrar por el cantero. La figura 4 muestra el estado del sistema en 1726-1727 (cuando lo representó el artista italiano Ventura Lirios en su *Vista de Béjar*[17] por encargo ducal) y los planos de la figura 5 muestran el estado actual, coincidente con lo contratado en 1575.

Desde el punto de vista de la técnica, las obras encomendadas a Torres y Carrera supondrían la introducción del sifón invertido para el que se tallaban los atanores de piedra a cargo del cantero Miguel González y de un asistente de nombre Toribio Ximénez. El primer arca serviría de punto de reunión para varias canalizaciones procedentes de diversas minas de agua o manantiales naturales conocidos todavía con los nombres de La Sarda, Pastores, Cuberos y Milagritos (manantiales de Monte Alto[18]). La cañería de arcaduces cerámicos proseguiría monte abajo –con la incorporación de nuevos manantiales como Las Tejoneras, Fuente del Espino, Fuente de Pagalotodo, manantial de los Desvelos, Fuente de la Virgen, Fuente del Humilladero, Fuente del Arrastradero, Fuente del Tesoro y Fuentezuca– hasta entrar en el segundo arca, con su sistema para la decantación de áridos y otras impurezas y, sobre todo, para servir como cámara de carga al sifón. Los atanores se habrían montado a continuación siguiendo la llamada Cuesta del Arca Madre, con un 70,5 % de pendiente y 33,5 m de desnivel hasta alcanzar la parte llana en el antiguo Camino Real a Extremadura, atravesando después la explanada de la Corredera y ganar algunos metros de altura en otro arca junto a la Puerta de la Villa para, ya intramuros, dirigirse por medio de la Calle Mayor hacia las sucesivas cambijas[19] de distribución documentadas en su trayecto: las de San Nicolás e Isabeles,[20] la del Caño Comendador y la de San Gil, según

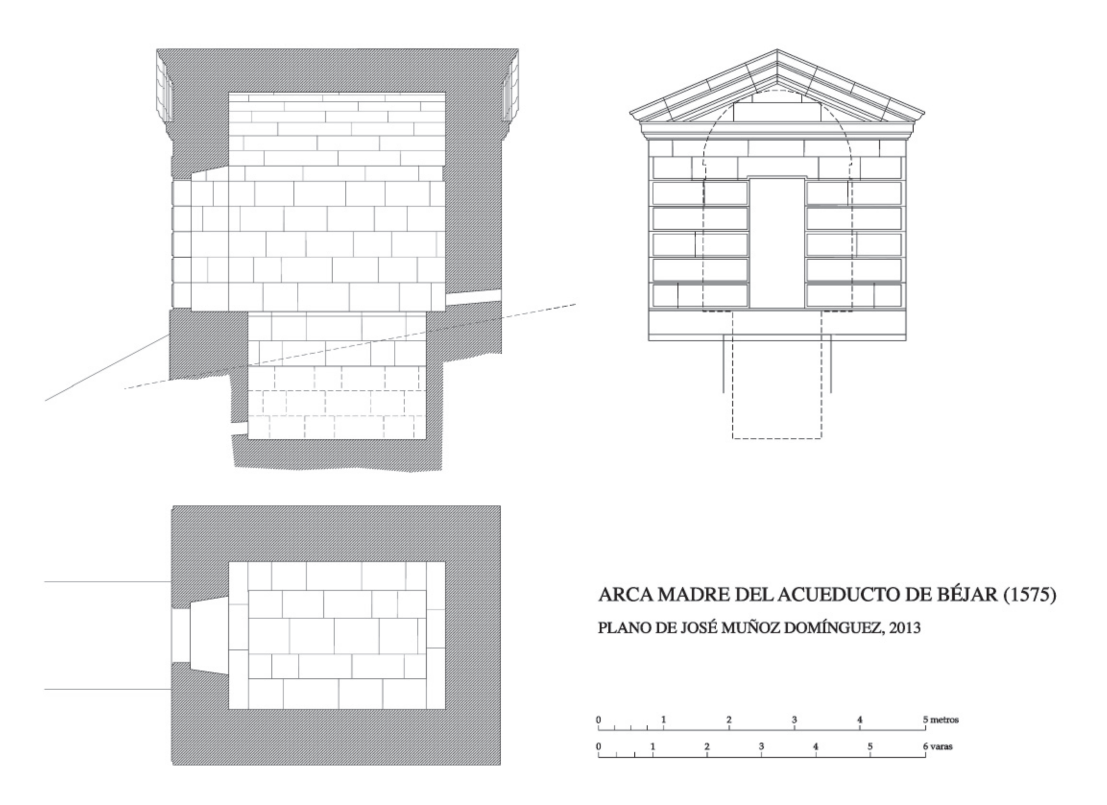


Figura 5
Planta, alzado y sección longitudinal de la «Arquilla del Monte» en su estado actual (plano de José Muñoz Domínguez, 2013)

consta en las Actas Consistoriales.[21] En este último caso se han conservado varias arquetas de difícil datación adosadas a la cabecera de la iglesia homónima entre sus estribos de cantería del siglo XVI, con la probable función de poder derivar aguas hasta el cercano convento de San Francisco y de repartir a las fuentes públicas inmediatas.[22] En el acuerdo adoptado para construirlas hubo mediación del duque de Béjar, Francisco de Zúñiga y Sotomayor (Francisco II), como consta en el libro de actas de 1577.

De las otras cambijas se desconoce su ubicación exacta y su forma, aunque la denominación de «gorro» que aparece en las Actas Consistoriales[23] como equivalente a las de «torrecilla» y «cambija» permite suponer un remate parecido al de la construcción cilíndrica conservada junto a la torre de San Juan (figura 6), posiblemente desmontada del trayecto del siglo XVI, que pasaba a escasos metros, y reconstruida a mayor cota cuando a mediados del siglo XIX se modificó el trazado del encañado público (Muñoz Domínguez 2001).[24] Una forma similar habría tenido la cambija situada en el quiebro más acusado del tramo aéreo sobre arcos, según se aprecia en la *Vista de Béjar* (figura 4), no muy diferente a otras de su tipo en acueductos coetáneos, como el de Ciudad Rodrigo (Nieto González 1991), o incluso posteriores, como el viaje subterráneo proyectado por el arquitecto salmantino Nicolás Rodríguez, en 1772, para la cercana localidad cacereña de Hervás (Abujeta Martín 2010, 89-104).

La intervención del duque de Béjar reviste cierta importancia por cuanto no parece haberse limitado a la mera autorización de exacciones especia-



Figura 6
Torrecilla o cambija situada junto a la iglesia de San Juan (foto de los autores)

les o cargadas sobre tributos ya existentes para sufragar las obras (como se documenta en 1577, por ejemplo[25]), sino que también concierne al juicio cualificado del noble en materia de arquitectura.

La construcción del sifón invertido entre el Arca Madre y la Puerta de la Corredera requería la instalación de 412 metros lineales de caños de piedra (unas 500 piezas de a vara de largo) sometidos a una gran presión en el punto crítico en que la fuerte pendiente del monte se interrumpía bruscamente junto al firme del Camino Real a Extremadura, lo que sin duda reventaría las juntas entre las piezas inmediatas en los años posteriores a su puesta en servicio. Los problemas de mantenimiento se sucederían a lo largo de dos decenios, hasta que el Concejo resolvió aliviar de presión el tramo completo alzando las piezas del sifón sobre arcos de piedra y ladrillo unos 8 o 9 metros. Así, en el verano de 1597 los representantes municipales se dirigían al duque Francisco III en estos términos:

> biendo quan destruydos estan los caños por do el agua viene a ella (a la villa de Béjar) y a la fortaleça de vª Exª y que no tienen otro remedio si no es traella por todo el valle de la Corredera levantada en alto por arcos que vengan a entrar por el muro de la çerca y considerando la poca posibilidad que la villa tiene para azer esta obra acordaron de suplicar a vª Exª la peticion […] de dar liçencia en mandar aplicar la sisa[26]

La conformidad del duque con la mejora y los medios propuestos, además de alguna contribución personal, facilitó la ejecución de una obra que dejó su huella tanto en la toponimia (aún se conoce como Arco del Monte el tramo donde daba comienzo la parte aérea) como en los documentos, ratificada también por el comentario del archivero ducal cuando a finales del siglo XVIII escribía: «Se le concedio, y concurrio su Exª con mucha parte para estos arcos, que se hicieron de piedra menuda, y ladrillo, y arruinandose con el tiempo, se hizo de nuevo la mitad de piedra de silleria el año de 1714 por Juan Delgado de Mesa maestro de obras natural de Ynojosa de Cordova»[27]

De estas y otras obras dieciochescas nos ocuparemos enseguida. El conjunto de la Corredera probablemente se parecía al de San Antón en Plasencia, de 1566-1574 (López Martín 1993, 425-428), con menor altura y un aspecto similar al que proponemos en nuestra hipótesis gráfica (figura 7). En cuanto a la autoría de los arcos, no consta ninguna referencia de archivo, pero es posible formular una propuesta a la espera de verificación documental.

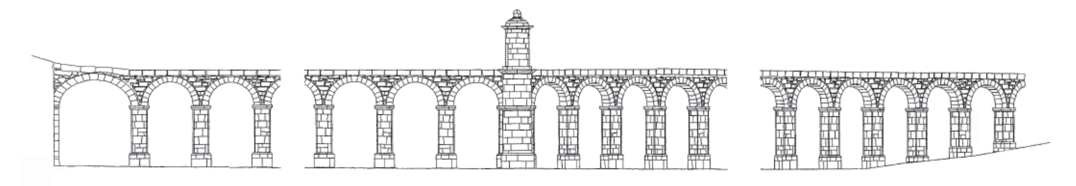


Figura 7
Hipótesis de reconstrucción del acueducto de Béjar a su paso por la Corredera (dibujo de José Muñoz Domínguez, 2001)

En un padrón de vecinos de Béjar fechado en 1597 consta como residente en la parroquia de Santa María un tal Juan de Flandes, el mismo nombre del autor del acueducto de Plasencia, fallecido en 1574. Puesto que la coexistencia de dos personas de idéntico nombre y nación extranjera en un espacio geográfico tan próximo parece poco probable, cabe suponer que, o bien se trata de la misma persona (en cuyo caso los datos del padrón serían anteriores) o el Juan de Flandes bejarano era hijo del anterior y acaso tuvo su mismo oficio: ¿fue este el autor del nuevo tramo del acueducto?

Obras de mantenimiento y renovación (siglos XVII y XVIII)

Con la construcción de los «arcos de la Corredera» la cañería debió de funcionar sin graves dificultades durante la primera mitad del siglo XVII e incluso hasta los primeros decenios del XVIII, momentos en que se advierten nuevos problemas de mantenimiento y ruina parcial que obligaron a importantes intervenciones.

La documentación del siglo XVII todavía es escasa, referida por ahora al régimen sancionador contenido en las Ordenanzas municipales tras su confirmación por el duque Francisco IV en 1620, a las necesidades recaudatorias del Concejo en 1651 (posiblemente relacionadas con un acopio de 11000 reales para obras de cierto calado en 1652) y a dos casos excepcionales de distribución domiciliaria de las aguas públicas (hasta la casa de un particular por concesión del duque en 1658 y hasta el Palacio Ducal en 1688, con antecedentes explícitos en 1555).[28]

Los capítulos renovados en 1620 sólo se refieren a la parte más frágil o menos vigilada del sistema –los tramos altos de captación y encañado hasta el arca, constituidos por arcaduces de barro cocido– con normas como la siguiente:

> Primeramente que cualquier persona que fuese hallada o le fuere probado que rompio algun caño, arca o arcaduz o le destapó y quitó los tacos asi dentro de esta villa como fuera de ella en los montes y campos por donde viene la Cañeria, tenga de pena que a su costa se vuelva a aderezar lo que pareciere rompido y mil y quinientos maravedís de pena por la primera vez y por la segunda doblado y por la tercera siete mil maravedís y que el Juez le pueda echar al destierro a voluntad de V. E. lo que le pareciere.[29]

A mediados del siglo debieron de producirse nuevos problemas de mantenimiento a los que el Concejo no podía hacer frente sin mejorar sus ingresos, razón por la que sometía a consulta de letrados la posibilidad de imponer tres cuartas partes de los gastos de cañería a los pueblos de la Tierra de Béjar,[30] equiparando tal contribución a la acostumbrada desde finales del siglo XVI para obras públicas y comunes.

El siglo XVIII es abundante en documentación en cuanto a intervenciones y reparaciones del acueducto bejarano; algunas de ellas, como ahora veremos, de gran envergadura. La primera de estas grandes intervenciones se documenta entre 1713 y 1715, período en el que el maestro de obras Juan Delgado de Mesa (fallecido en 1752) reconstruyó, ahora en obra de sillería, buena parte de los arcos de mampuesto y ladrillo que se encontraban ruinosos en la Corredera.[31] Estos trabajos fueron adjudicados a Delgado en el verano de 1713 y durarían hasta bien entrado el año 1715, cuando se están rematando con la colocación de los caños de barro por la sección soterrada de la Calle Mayor. En noviembre de este año consta «estar concluida la obra hasta el Caño de las Monjas» de la Piedad, cerca de la Plaza Mayor.[32]

El primer problema vino tan sólo tres años después. En julio de 1718 los parroquianos de la iglesia de Santa María, situada en la denominada Villa Vieja, al oeste de la localidad, presentaron ante el Ayuntamiento un escrito de protesta, pues consideraban un grave perjuicio que «habiendo contribuido a la reedificaçion y estar corrientes las fuentes de las collaciones de San Juan y Salvador» sus dos fuentes careciearan de agua. La falta de medios para realizar este ramal de cañería (o renovarlo, pues consta su existencia desde 1555) obligó al consistorio a pedir ayuda al duque Juan Manuel II, quien en el verano de 1719 contribuyó con 4.000 ducados a cambio de que dicho ramal nutriera de agua las fuentes de su palacio urbano, situado en la Plaza Mayor. Por su parte, y para completar los gastos de esta nueva obra, el consistorio utilizó los caudales de varios tributos sobre milicias, cientos y carnes, además de solicitar al duque el importe de la alcabala que le pertenecía sobre el vino forastero consumido en las tabernas de la villa.[33]

En la primavera de 1757 el consistorio bejarano contrató los servicios del maestro de cantería, albañilería y mampostería Manuel Vicente. Se trataba ahora de sustituir todos los antiguos caños de

barro de los arcos de la Corredera por otros «de piedra de calidad de media vara en quadro, cortadas, porteadas, taladradas, asentadas, enbetunadas las voquillas y encaladas lo que corresponde con las aberturas cada diez varas para el vareo y limpieza sin que venga riesgo por esta razon a los dichos arcos»[34]

En 1768 se volvía a intervenir en el ramal soterrado que conducía el agua a las fuentes de la Villa Vieja y del Palacio que, como hemos visto, fue acondicionado en 1719-1720. En esta ocasión se sustituyó buena parte de los conductos de barro –unas 50 varas– por otros nuevos de «barro vidriado de Thamames» desde la «arquilla de la fuente del Convento de la Piedad, o desde el registro antiguo que estava a la puerta de la casa de Blas Montero hasta el Palacio, y desde el hasta el pilar y fuente del Palacio Episcopal». La obra se ajustó en los maestros canteros de origen gallego Francisco Sino y Domingo Umia, que ya era fontanero mayor del acueducto y cañería al menos desde 1756. Entre las condiciones de la obra se menciona el arreglo de los pilares correspondientes a las caballerizas del Palacio Ducal y del Palacio Episcopal, así como la construcción de dos nuevas arquillas o registros en la Plaza Mayor. Al igual que había hecho su padre, el duque de Béjar Joaquín de Zúñiga costeó con 4.000 reales la mitad de los trabajos. Los otros 4.000 reales restantes quedaban a cargo de los parroquianos de Santa María, el Ayuntamiento y la Diputación de Bañaduras. Las obras duraron hasta agosto de 1770, en que fueron reconocidas por los canteros Pedro Carrero (por parte del Ayuntamiento) y Juan Francisco Lucido (por parte de Sino y Umia).[35]

La última gran intervención del siglo XVIII se contrató en marzo 1780, año en que Antonio Álvarez y Juan Colorado –vecinos de Ledrada– se obligaron a levantar tres arcos nuevos en sustitución de otros tres arruinados en la Corredera (uno de ellos conocido como «Arco del Monte»).[36] Se habían proyectado tres arcos «de medio punto con tres pies de batalla y pie y medio de asta», junto con las necesarias pilastras para los apoyos de refuerzo, de «canteria a pico rozado y los lechos acodados; y an de quedar el trasdos de la clabe de dichos arcos emrrasados a cordel con los ya hechos.»[37] Después de esta la última obra de mejora y hasta el desmantelamiento definitivo de los arcos en el siglo XIX, no se vuelven a documentar intervenciones de importancia.

Desmantelamiento y sustitución por cañería de hierro con presión (siglo XIX)

El último capítulo de la cañería bejarana se escribió en la segunda mitad del siglo XIX, cuando las mejoras técnicas de la era industrial permitieron sustituir los viejos caños de barro y piedra por tubos de hierro con presión de 8 atmósferas. Hasta entonces, el mantenimiento y mejora del encañado público era supervisado por dos comisionados de la Diputación de Bañaduras y requería de buenos fontaneros, entre cuyas responsabilidades no faltaban el «zarceo» anual de las canalizaciones y la conservación de «arcos, muros, torrecillas o cambijas», competencias que pasaron a depender del arquitecto municipal tan pronto cesó la actividad de aquella institución en 1839. Las referencias a obras de reparación, captación de nuevos veneros, contratos de mantenimiento a fontaneros y arquitectos o conflictos vecinales al paso del encañado son muy frecuentes en la documentación municipal de la primera mitad del siglo y permiten constatar la permanencia de los arcos y cambijas construidos en el siglo XVI, parcialmente en ruina como se advierte con la torrecilla de la Corredera,[38] derribada a principios de 1843. Es probable que ese fuera el motivo de que, tres años antes, el Ayuntamiento se planteara la posibilidad de sustituir los caños por tubos de plomo (así consta en 1839-1840, con referencia a la subasta de bienes públicos para allegar fondos[39]), aunque no se produjo ningún avance hasta casi una década después, ya con una conducción de hierro.

A mediados del siglo XIX, el incipiente ensanche de la población que se estaba produciendo por el auge del sector textil lanero, junto con posibles intereses particulares, condicionaron el nuevo trazado del sistema de aguas para conseguir mayor cota de distribución, si bien apenas varió en la parte de las captaciones (salvo la incorporación de nuevos manantiales) y de transporte a través del monte. La parte aérea sobre arcos, sin embargo, resultaba tan inservible e incómoda para la mentalidad de la época como las antiguas murallas, y sufrió idéntico destino: la piqueta.

Las obras de la nueva cañería fueron encargadas al «ingeniero mecánico contratista» Eduardo Frossey,[40] encargado de los tubos de fundición, con quien se concertó un primer proyecto a finales de enero de 1848. Un par de años después, cuando se discutía sobre dos variantes del nuevo trazado, se incorporó el

arquitecto vizcaíno Simón Pedro Ochandátegui y Arechavaleta, entonces Director de Caminos Vecinales de la provincia de Salamanca en representación de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando y autor de los planos de obra desde febrero del mismo año.[41]

Las opciones planteadas suponían conducir el agua hasta los puntos elevados del Castillo de Campopardo a través de la Viñuela del Rollo (lo que requería expropiaciones de terrenos de cierta entidad) o bien hasta la iglesia de San Juan por la calle de la Yedra, entre 15 y 8 metros más altos, respectivamente, que los 945 metros de la cañería antigua en su punto más elevado intramuros.

La documentación consultada permite verificar la elección de la primera variante, aunque de mayor complejidad técnica, mayor coste (pues obligó a enajenar varias suertes de terrenos comunales y pajas de agua a favor de particulares[42]) y dificultades con los propietarios de los terrenos afectados (en especial con el influyente Luis Antonio Pizarro, conde de las Navas[43]). En la sesión municipal del 12 de septiembre de 1851, previo examen de los planos de Ochandátegui, se acordaba el remate de la obra del nuevo arca de distribución de Campopardo, a cuya subasta sólo concurrieron dos licitadores.[44] El Ayuntamiento decidió aplazar el acto hasta enero de 1852, pero finalmente debió de desestimarse el trazado por Campopardo y seguirse el de San Juan por su menor coste, pues en tal punto se conserva la cambija cilíndrica de sillería –probablemente reaprovechada– con la fecha de (18)53.

Tras el derribo de la Puerta de la Corredera en 1876 y la expansión del casco urbano hasta el río Cuerpo de Hombre, el crecimiento demográfico obligó a iniciar nuevas obras de captación y traída de aguas desde su curso alto, por medio de una presa de hormigón que se construyó en los años 30 del siglo XX (ampliada en los años 70 con recorridos desdoblados por ambas márgenes y después sustituida por la nueva presa de Fuente Santa, situada aguas arriba), aunque el sistema de abastecimiento antiguo se mantiene todavía en uso, incorporadas sus aguas al nuevo.

Conclusiones

De la parte más característica y vistosa de este acueducto nada queda sino la representación pictórica de Ventura Lirios, en la que se aprecia el Arca Madre y hasta 27 arcos de diferente luz (probablemente menores los afectados por la reedificación de 1714), con la cañería elevada a unos 8 metros sobre el nivel del suelo en el ángulo obtuso del trazado por la Corredera, coronado por una cambija de otros 4 metros más.

A pesar de su desaparición en la segunda mitad del siglo XIX, se conservan restos de gran interés en todas las partes del trayecto: las dos arcas del monte (singularmente la de la Cuesta del Arca Madre con su presencia clasicista), la cambija de San Juan y las arquetas de San Gil, decenas de atanores de piedra (si el Ayuntamiento accedió a nuestra petición de conservarlas tras el derribo en el Arco del Monte y las obras de la Calle Mayor en 2001) y numerosos fragmentos de caños de cerámica en superficie a lo largo del Camino de los Registros y del Arca Madre.

Bajo la misma Calle Mayor han de permanecer todavía tramos completos no exhumados por las obras de pavimentación y posiblemente se puedan desenterrar otros con arcaduces en el largo recorrido por la ladera Norte del Monte Castañar. También son parte del antiguo sistema de abastecimiento sus puntos urbanos de distribución, fuentes públicas desaparecidas como la que abastecía a todo el vecindario de la Plaza Mayor o el cercano Caño de la Mosca, obra del siglo XVI que sirve todavía a los vecinos de Barrioneila, entre otras muchas de imprecisa datación.

Como punto de partida de nuevas investigaciones, cabe profundizar documentalmente en las subastas de la piedra tras el derribo del acueducto de la Corredera (como se anunciaba en 1843 para el despojo de la cambija), pues si fueron adquiridos por fabricantes o comerciantes es posible que en sus residencias y edificios fabriles se puedan identificar las mejores piezas de cantería, como parecen sugerir los restos del acueducto utilizado en la fábrica de papel continuo de Candelario, situada a menos de 3 km de Béjar y fundada en 1842-1843.

Notas

1. Aparte de las noticias dispersas aportadas por eruditos locales del siglo XX, se han publicado los trabajos de Muñoz Domínguez 1996, Muñoz Domínguez 2001 y Muñoz Domínguez, Sánchez Sancho y Domínguez Garrido 2008.
2. AMB, Leg. 17, nº 11, año 1454.

3. AHN, Sección Nobleza, Fondo Osuna, C. 248, D. 132, «Paja de agua del encañado común dada a la casa de Ciurana por su Exa», Béjar, 14-6-1658. El archivero escribía su comentario a finales del siglo XVIII basándose en un pleito de la Villa y Tierra de Béjar contra la Casa Ducal, alegado en 1576.
4. Del árabe hispánico *alqadus*, y a su vez del clásico *qadus*, tomado del vocablo griego *kados* –cántaro– que se refiere, según Nebrija (1513), tanto al cangilón o «alcaduce de noria» como al tubo de barro o «alcaduce de aguaducho», que sería el caso que aquí estudiamos. La referencia documental, en AMB, 0005. 35, «Antecedentes del pleito entre la duquesa de Béjar y el Ayuntamiento sobre los derechos del señorío jurisdiccional», ca. 1555.
5. AMB, 0005 35, «Antecedentes…», con referencia a las frecuentes reparaciones de los arcaduces de barro y a su coste repartido entre el vecindario, incluida la Casa Ducal.
6. AHN, Nobleza, Osuna, Leg. 227, D. 68 (también en AMB, 0003 06), «Ordenanzas para la conservación del Monte Castañar de la villa de Béjar y para el buen gobierno de ella», 10-10-1577 (confirmadas en 1592, 1601 y 1620 y disponibles en edición impresa, a la que corresponde el nº de página).
7. Ibid., como consta en las ordenanzas XXIV (p. 32), XXVI (p. 35), XXVIII (pp. 36-37), XXXI (pp. 45 a 48), XXXVI (p. 49), XLIV (p. 65), XLVIII (pp. 78-79) y L (p. 85). Otras referencias en pp. 59, 87 y 109-110.
8. Ibid., ordenanza XLVIII (pp. 78-79), con multas de hasta 1000 maravedís a quien quebrase los caños e incluso castigo corporal «conforme a la calidad de la persona», actualizadas al alza en 1620.
9. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorio de 14-5-1574. La ausencia de libros de actas anteriores a este año impide verificar el comienzo de las obras, aunque parece tratarse de una iniciativa concejil relativamente reciente. Se documentan posteriores encargos de caños de piedra, como el de 60 piezas que consta en el acta de 10-2-1576.
10. Ibid.
11. Ibid., Consistorio de 19-11-1574.
12. Ibid., Consistorio de 9-7-1574.
13. Ibid., Consistorio de 21-1-1575.
14. Ibid., Consistorio de 8-6-1575.
15. Ibid.
16. AMB, Libros de Actas Municipales, ante Juan González, 31-9-1575 (las citas que siguen corresponden a este mismo documento).
17. Ligli, Buonaventura (Ventura Lirios), *Vista de Béjar*, 1726-1727, colección Duques de Béjar (a quienes agradecemos las facilidades para su reproducción).
18. El conocimiento toponímico y funcional de la vieja cañería es aportación oral de Pedro de la Fuente, hijo de Julián de la Fuente (último cañero con tal cargo en la nómina del Ayuntamiento bejarano), a quien agradecemos su información.
19. Según el *Diccionario de Autoridades* (RAE, 1729), cambija es «el arca de agua, que se forma elevada sobre la tierra: porque los caños que tiene para distribuir el agua, baxan perpendiculares sobre el terréno».
20. Situadas junto al convento de la Anunciación, que se beneficiaba de una acometida propia desde 1588 por concesión del duque Francisco II, según informaba el archivero en AHN, Nobleza, Osuna, C. 248, D. 132.
21. Las referencias a las cambijas situadas junto al convento de la Anunciación son tardías, de la primera mitad del siglo XIX (acta de 3-8-1847) y pudieran referirse a instalaciones de distintas épocas. En el acta de 21-11-1575 consta «Que se aderece el pilar del gorro del Comendador encargose al s^or^ Diego de Aguilar acerle».
22. Según el archivero, la concesión ducal de agua a favor de este convento se produjo en 1555 (igualmente en AHN, Nobleza, Osuna, C. 248, D. 132).
23. Vid. nota 24.
24. La portezuela de hierro conserva la fecha incompleta ..53 (1853?) en caracteres de fundición del mismo material y tipografía decimonónica.
25. Así consta en AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorio de 7-6-1577, o en la renovación del sifón sobre arcos de 1597, durante el ducado de Francisco III.
26. Como consta en AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorio de 7-6-1577, o en la renovación del sifón sobre arcos de 1597.
27. AHN, Nobleza, Osuna, C. 233, D. 191-192, «Petición del Concejo de la villa de Béjar al duque para que autorice emplear los 8 maravedíes por cabeza que se cobran en la feria de San Andrés en la construcción de unos arcos para el suministro de agua a la villa a través del valle de Corredera», Béjar, 9-8-1597.
28. AHN, Nobleza, Osuna, C. 248, D. 132, de 14-6-1658, y AHN, Nobleza, Osuna, C. 256, D. 1349-1350, «Dos testimonios presento D. Gaspar de Zuñiga Narbaez alcayde del Palazio de Bexar de los requerimientos que hizo a los consistoriales de la Villa para que aderezasen la Cañeria y se comunicase el agua a la Fuente del Palacio», 6-7-1688.
29. AHN, Nobleza, Osuna, «Ordenanzas…», confirmación y adiciones de 30-7-1620 (pp. 108-110).
30. AHN, Nobleza, Osuna, C. 248, D. 40, «Sobre la Cañeria. Consulta, si podrá la villa hacer que pague la tierra sus tres partes y la villa una, según la hermandad de Villa y Tierra, asi como lo hace con las obras de puentes, cárcel, y gastos comunes», 14-1-1651.
31. Tras intervención del duque de Béjar, en el verano de 1711, se apuntalaron 4 arcos del acueducto («los questan mas proximos a la ruina»). Libros de Actas Municipales, Consistorio de 27-7-1711.

32. AMB, Libros de Actas Municipales (1713-1715). Las anotaciones en actas sobre este asunto son demasiado numerosas para referenciarlas todas, por lo que remitimos al lector a una consulta más detallada de dichos libros.
33. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 14-7-1718, 21-7-1719, 29-7-1719 y 19-8-1719.
34. AMB, Libros de Actas Municipales de 1757, fols. 36r-39r.
35. AHN, Nobleza, Osuna, C. 263, D. 245, «Agua para las fuentes del Palacio y Villa Vieja», 1768-1770.
36. Las condiciones para esta obra fueron hechas por el maestro arquitecto bejarano José Hernández.
37. AMB, Libros de Actas Municipales, fols. 17r-20v, «Condiciones y obligación para la obra de los tres arcos nuevos que se han de hacer en el acueducto de Béjar en la Corredera», 19-2-1780 y 24-3-1780.
38. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 2-1-1843 y 7-1-1843, entre otras posteriores.
39. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 29-5-1839 y 25-2-1840.
40. Apenas hay noticias de este ingeniero de posible origen francés. El primer proyecto se cita en AMB, Libros de Actas Municipales, sesión de 30-1-1848, y la referencia a su profesión en AMB, Libros de Actas Municipales, sesión de 17-3-1851.
41. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 8-2-1850 y 5-2-1850. En AMB, 0705 06, se conserva el «Pliego de condiciones para la subasta de las obras de la Cañería e instalación de agua en diversas calles de Béjar», de 1851.
42. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 30-7-1850, 20-9-1850, 7-1-1851, 28-1-1851, 4-2-1851, 7-2-1851, 16-5-1851, 25-6-1851 y 21-10-1851.
43. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorios de 11-1-1850, 27-8-1850 y 11-10-1850 y de 17-3-1851, 24-3-1851 y 28-3-1851, además del acuerdo y condiciones con Pizarro en la sesión del 5-8-1851.
44. AMB, Libros de Actas Municipales, Consistorio de 30-12-1851.

Lista de referencias

Archivo Histórico Nacional (AHN), Sección Nobleza, Fondo Osuna.

Archivo Histórico Provincial de Salamanca (AHPSa), Sección Protocolos Notariales

Archivo Municipal de Béjar (AMB).

Abujeta Martín, Antonia Esther. 2010. «Un viaje de aguas en Hervás del siglo XVIII». En *Norba-Arte*, nº. 30: Universidad de Extremadura.

López Martín, Jesús Manuel. 1993. *Paisaje Urbano de Plasencia en los siglos XV y XVI*. Mérida: Asamblea de Extremadura.

Muñoz Domínguez, José. 1996. «Apuntes para un inventario de la fontanería pública bejarana a lo largo de su historia». En *Estudios Bejaranos*, nº 2-3. Centro de Estudios Bejaranos.

Muñoz Domínguez, José. 2001. «El acueducto de Béjar». En *Béjar Información*, núms. 232 y 233.

Muñoz Domínguez, José, Sánchez Sancho, Juan Félix y Domínguez Garrido, Urbano. 2008. *Delirios. Venturas y desventuras. La villa de Béjar desde el siglo XVIII*. Béjar: Grupo Cultural San Gil.

Nieto González, José Ramón. 1991. *El acueducto de Ciudad Rodrigo, datos para su estudio*. Ciudad Rodrigo: Centro de Estudios Mirobrigenses.

Las revistas profesionales como fuentes para la historia de la construcción: el ejemplo de las publicaciones bilbaínas (1922-1936)

Francisco Javier Muñoz Fernández

I

Durante los años veinte y treinta en Bilbao se editaron tres revistas profesionales impulsadas por arquitectos, ingenieros, constructores y propietarios. Con ellas se quiso crear un espacio de información, opinión y reflexión sobre la importante transformación arquitectónica y urbanística que estaba experimentando la metrópoli vizcaína. Se trató de un camino que inició en 1922 *La Construcción y las Artes Decorativas* (1922-1924), y prosiguió hasta 1936 con *Propiedad y Construcción* (1924-1936) y el *Boletín del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco Navarro* (1931-1936) (Hurtado Torán 2001; Muñoz Fernández 2008 y 2012).[1] En estas publicaciones se puede encontrar abundante información sobre los profesionales y la industria de la construcción. Tales como materiales, técnicas y procedimientos constructivos que se utilizaron, y otros que se conocieron pero que no se pudieron asimilar. De igual forma las revistas nos permiten conocer algunas empresas del sector, a la vez que recogen los testimonios de sus principales protagonistas (arquitectos, ingenieros, constructores o comitentes) a través de entrevistas, opiniones y proyectos. A ello hay que sumar referencias a normativas y ordenanzas, así como abundante material gráfico (fotografías, dibujos o planos) que nos sirve para documentar proyectos existentes, reformados y otros ya desaparecidos. Por lo que su estudio constituye, junto con otros elementos, una fuente importante para aproximarnos a la historia de la construcción de la capital vizcaína.

II

A partir del 15 de julio de 1922 se empezó a publicar, con periodicidad bisemanal, la primera publicación profesional sobre arquitectura de Bilbao y del resto del País Vasco: *La Construcción y las Artes Decorativas. Revista quincenal técnico-informativa de Arquitectura, Ingeniería y Artes Industriales*. La revista estuvo dirigida por el escritor Damián Roda y el arquitecto Pedro Guimón como director técnico (Basurto Ferro 2005; Iribarne 1922a y 1922b).[2] Su estructura fue similar en los 40 números que se editaron durante casi dos años, hasta el 29 de febrero de 1924. Cada número comenzaba con una monografía sobre un arquitecto local, un edificio o conjunto arquitectónico o urbano destacado, así como un tema de actualidad sobre vivienda, comunicaciones, servicios o cuestiones urbanas (figura 1). Cada boletín terminaba con un artículo de carácter técnico escrito por un ingeniero. Todos los números se ilustraron con fotografías, y se acompañaron de un gran número de anuncios relacionados con la construcción.

El último número del magacín anunció la desaparición de la revista y la aparición de otra nueva *Propiedad y Construcción,* que continuaría con la labor desarrollada hasta entonces[3] (figura 2). De hecho el formato fue idéntico al de su predecesora, y Damián Roda siguió teniendo una importancia destacada en su dirección y redacción. Aunque en este caso la periodicidad fue mensual y la edición estuvo a cargo de la Cámara Oficial de la Propiedad Urbana, por lo que



LA CONSTRUCCION
Y LAS ARTES DECORATIVAS
ARQUITECTURA ~ INGENIERIA
~ ARTES INDUSTRIALES ~

AÑO I BILBAO, 15 OCTUBRE 1922 NÚM. 7

Federico Ugalde

Es uno de nuestros arquitectos más conocidos y estimados. Veinte años de actuación laboriosa e inteligente en el campo de la arquitectura dan, de su larga y fecunda labor constructiva, es enfrentarse, de una sola ojeada, con las más variadas manifestaciones de la Arquitectura.

Palacio de los Sres. Larrinaga — Vista general

sin duda, derecho a un nombre prestigioso. Al señor Ugalde le caracteriza, sin embargo, una modestia sincera, que fué la primera en salir a nuestro encuentro, mientras nos acogía con esa sencilla afabilidad de los hombres buenos.

—¿Hablar de mi obra? Creo que antes debiera usted ocuparse de otros. Y comenzó a enumerar nombres de compañeros profesionales.

—De todos se hablará—le dijimos—. Ahora le toca a usted.

Porque, en efecto, hablar de Federico Ugalde,

Entusiasta del hormigón armado como elemento constructivo, fué uno de los primeros facultativos que lo emplearon en la región, por lo cual esta especialidad le debe gran parte de su actual desarrollo, preponderancia y divulgación.

Efectuó en la Santa Casa de Misericordia y la Plaza de Toros de Vista Alegre la mayor parte de las mejoras y reformas introducidas en sus edificaciones y servicios, con objeto de acomodarlas a las exigencias actuales.

La reconstrucción del Teatro Arriaga es tam-

Figura 1
Número de la revista *La Construcción y las Artes Decorativas* de 1922 dedicado a Federico de Ugalde con una fotografía del Palacio Larrínaga actualmente desaparecido



Figura 2
Portada de la revista *Propiedad y Construcción* en 1933, con la sede de la Cámara de la Propiedad Urbana en la antigua vivienda y estudio del arquitecto Julio Saracíbar proyectada en 1878.[5]

no es de extrañar que a partir de 1925 el boletín adoptara el nombre de *Propiedad y Construcción. Revista mensual técnico-informativa. Órgano de la Cámara de la Propiedad Urbana de Bilbao.* La revista se distribuyó entre los propietarios urbanos que tenían la obligación de colegiarse, por lo que tuvo un alcance destacado.[4] En sus doce años y 151 números de vida se trataron temas relacionados con la propiedad urbana y la arquitectura, que a partir de 1927 tuvieron un espacio específico en los apartados que escribieron el abogado de la cámara Enrique de Ocio y Ureta y el crítico de arquitectura E. Loygorri de Pereda. Destacaron especialmente los temas relacionados con la cámara: la propiedad y los arrendamientos. Aunque tampoco faltaron referencias a la arquitectura y el urbanismo del área metropolitana de Bilbao. Así fueron habituales las referencias a edificios determinados, el problema de la vivienda, la crisis en la construcción, la urbanización de espacios, las anexiones urbanas, las comunicaciones o los servicios urbanos de abastecimiento.

Paralelamente, entre julio de 1931 y el 15 de diciembre de 1936, se editaron 62 números del *Boletín del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro* (figura 3). Se trató de la publicación del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro (COAVN) creado un año antes, el 30 de julio de 1930, que obligó a colegiación obligatoria de los profesionales para poder ejercer su profesión (Colegio Oficial de Arquitectos Vasco Navarro 1930; Muñoz Fernández 2011, 112).[6] El colegio remitió el boletín a los arquitectos colegiados, que fueron 93 en 1930 y 110 en 1936.[7] En sus primeros números la revista se encargó de explicar la nueva organización y marco de funcionamiento que afectaba a los arquitectos, y las diferencias atribuciones de los aparejadores. El 15 de enero de 1932 se

publicó el tercer número del semanario y en él se concretó la periodicidad mensual, el formato y el contenido que se siguió en boletines sucesivos. La revista tuvo un carácter, principalmente, informativo sobre cuestiones relacionadas con la vida colegial, como comisiones, memorias, informes, aclaraciones, tasas, circulares o relaciones con otros colegios e instituciones. En él también se publicaron numerosas disposiciones oficiales relacionadas con la profesión y la construcción, como ordenanzas y normativas de construcción, proyectos urbanos o las convocatorias y resoluciones de algunos concursos. En menor medida, el boletín recogió las opiniones de algunos arquitectos en forma de colaboraciones, conferencias u otras publicaciones sobre arquitectura, ingeniería y propiedad que se tomaron de medios locales, estatales y extranjeros.



Figura 3
Publicidad en la primera página del *Boletín del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro* en 1936

En suma en las revistas bilbaínas de los años veinte y treinta se trataron cuestiones locales y cercanas, que en el caso de las publicaciones colegiales atendieron, principalmente, los intereses de propietarios urbanos y arquitectos. En ellas apenas si hubo referencias al desarrollo arquitectónico y urbano de otros países o aspectos técnicos relacionados con la construcción. Ya que estas cuestiones estuvieron presentes en otras publicaciones españolas, europeas y americanas que se vendieron en algunas librerías bilbaínas (Sanz Esquide 2006, 177),[8] llegaron a los despachos de determinados arquitectos o a las bibliotecas de las escuelas de arquitectura, la Asociación de Arquitectos de Vizcaya y el COAVN.[9]

III

Las publicaciones profesionales coincidieron en constatar el uso de nuevos materiales, especialmente el hormigón armado. Sin embargo, en aquellos años se siguieron utilizando piedras artificiales y otros materiales para ocultar la estructura del cemento de las construcciones, así como entramados de madera, que fueron menos habituales a partir de la década de los treinta.

En la primera publicación profesional de arquitectura bilbaína, varios artículos se refieren al uso del hormigón armado desde un punto de vista técnico. Como ya hemos adelantado, el bisemanario contó con una sección de ingeniería al final de cada número que a diferencia del resto de artículos, que generalmente eran anónimos, solían estar firmados por ingenieros.[10] Asimismo, entre 1934 y 1935, el *Boletín de Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro* dedicó varios números a tablas para losas, vigas y viguetas de hormigón armado.

El arquitecto Federico de Ugalde fue uno de los primeros profesionales en utilizar el hormigón armado y diferentes empresas bilbaínas se especializaron en su uso, que ofrecieron sus servicios en distintas ciudades españolas, especialmente en Madrid.[11] *La Construcción y las Artes Decorativas* también constató que el hormigón armado había favorecido la eliminación de elementos decorativos.[12] De hecho, años más tarde, *Propiedad y Construcción* subrayó la discreción decorativa de la arquitectura local, que era mayor que en años anteriores, también por influencia de las modernas tendencias arquitectónicas (Loygorri de Pereda 1928b y 1928c).[13]

De igual forma se reparó en el uso que la arquitectura industrial estaba haciendo del hormigón armado. Pero no se apuntó la arquitectura industrial como el modelo a seguir, y salvo alguna excepción tampoco se señaló la necesidad de colaboración entre arquitectos e ingenieros.[14] Aunque en la práctica algunos ingenieros se especializaron en la construcción de obras de hormigón armado y trabajaron junto con arquitectos. Así todo resulta significativo el artículo de Vicente Lampérez que en 1923 reprodujo *La Construcción y las Artes Decorativas,* en el que el arquitecto exhortaba a obtener la forma artística del cemento; ya que según él y otros profesionales de la época el cometido de la arquitectura era embellecer las estructuras.[15] Sin embargo, *Propiedad y Construcción* constató como a partir de la década de los treinta, que coincidió con el desarrollo de la arquitectura racionalista, los arquitectos locales vieron en la desnudez de las estructuras de hormigón una belleza e incluso una tradición antes negada (ELE 1933, Encina 1935, Loygorri de Pereda 1932b y 1932e).

Asimismo se recogieron referencias a la estandarización y normalización de los materiales de construcción (Agnew 1923). Ante la grave falta de habitación de la época, que la política de vivienda social en torno a las diferentes leyes de casas baratas no había podido solucionar, el arquitecto Estanislao Segurola propuso definir una vivienda económica tipo que se adaptara a las necesidades locales. Para ello sugirió la necesidad de medios de financiación alternativos y la elaboración de concursos para concretar ideas válidas (Segurola 1924). Aunque se trató de planteamientos que la industria local difícilmente podría haber asimilado.

Por otra parte, la publicidad tuvo una relevancia destacada en *La Construcción y las Artes Decorativas* y en *Propiedad y Construcción*, y en menor medida estuvo presente en el boletín del colegio de arquitectos (figuras 3, 4 y 5). En las dos primeras revistas gran parte de cada número, en ocasiones casi la mitad, podía estar dedicado a anuncios al inicio y al final de cada ejemplar, a la vez que varios reclamos publicitarios ocupaban las páginas interiores. La práctica totalidad de ellos estaban en consonancia con los lectores y se referían a la construcción, la decoración y los equipamientos de inmuebles, casi exclusivamente de viviendas. La mayoría de los anunciantes eran vizcaínos, y también había de otras provincias.



Figura 4
Publicidad en la revista *Propiedad y Construcción* en 1933

Gracias a los anuncios se pueden conocer, entre otras cuestiones, las principales empresas del sector, o cuáles fueron los materiales de construcción más habituales (piedra artificial, hormigón armado, cemento, maderas, mármoles, cerámica o mosaicos). La publicidad también fue un medio para dar a conocer nuevas técnicas y procedimientos constructivos. Así lo podemos constatar «rito» un producto inglés que impedía todo tipo de filtración; o «piso rápido», un piso doble compuesto de vigas de cemento armado portátiles y transportables (figura 6). También cabría citar los pavimentos de madera comprimida sin juntas de la casa suiza Eubeolith, cuya delegación en España estaba en Bilbao; o el herramental por aire comprimido de la compañía americana Ingersoll-Rand, fundada en 1871 y todavía hoy operativa.[16]

En las páginas de las revistas también se publicitaron pinturas, carpinterías, hojalaterías, herrerías, construcciones metálicas, herramientas de trabajo, persianas y puertas; a la vez que no faltan anuncios sobre instalaciones eléctricas, sanitarias y de calefac-



Figura 5
Publicidad en la revista *Propiedad y Construcción* en 1936

ción. Estuvo igualmente presente la publicidad sobre ascensores, decoraciones, tapicerías, cocinas económicas, aparatos sanitarios, estufas, contadores, muebles, espejos o electrobombas de riego.

Los anuncios fueron una de las principales fuentes de financiación de las revistas. De hecho, el número destacado que apareció en *La Construcción y las Artes Decorativas*, fue uno los elementos que posibilitaron su carácter inusitadamente quincenal y de mayor calidad que el resto de publicaciones. Aunque con el tiempo los espacios libres para anuncios publicitarios fueron cada vez más habituales. No en vano a partir de 1922 el aumento del precio de los salarios y de los materiales de construcción fue cada vez mayor, llegando a duplicarse o incluso triplicarse. Esta situación influyó en la paralización de algunas obras, y originó una crisis en la construcción que se prolongó durante varios años.[17] Tal como recoge *Propiedad y Construcción*, la crisis se repitió de manera más virulenta en los años de la II República, especialmente a partir de 1932 (Loygorri de Pereda 1932c). El resultado fue que se



Figura 6
Publicidad en la revista *La Construcción y las Artes Decorativas* en 1923

agravaron, más si cabe, los principales problemas de la época como la falta de vivienda, la gestión del espacio metropolitano y muchos otros.

En algunos casos las revistas también se refirieron a las normativas constructivas de aquellos años. Así sucedió con el *Boletín del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro*, que por su carácter informativo y de servicio profesional para sus colegiados, fue el único que recogió este tipo de cuestiones. La revista se hizo eco de manera puntual de las modificaciones de las ordenanzas y normativas de construcción, proyectos urbanos y de conservación de patrimonio.[18] Así se dieron a conocer, por ejemplo, las exenciones tributarias arbitradas por la Diputación de Bizkaia y el Ayuntamiento de Bilbao en 1933 y 1934 para fomentar la construcción en época de crisis. La medida fue una iniciativa de la Cámara de la Propiedad Urbana que la reclamó a través de su revista a partir de

1931.[19] Para poder acogerse a las exenciones las nuevas edificaciones tenían que respetar las ordenanzas de construcción y tener toda la estructura de material incombustible, incluida la caja de escalera. Por lo que la iniciativa, de gran repercusión, fomentó y afianzó el uso del hormigón armado que ya era habitual en la construcción de la ciudad.[20]

Uno de los aspectos más destacados de las revistas fueron las referencias a los edificios que se erigieron en aquellos años, sobre todo viviendas. Las apostillas a la arquitectura fueron constantes en *La Construcción y las Artes Decorativas* en sus monografías sobre arquitectos, y especialmente en *Propiedad y Construcción*,[21] que a partir de 1927, se convirtieron en habituales en la sección «El progreso urbano de Bilbao» o «Vizcaya» redactada por E. Loygorri de Pereda hasta 1934 y por otros colaboradores en fechas posteriores (figura 7).[22] En esta sección los artículos se acompañaron con fotografías, dibujos, planos y declaraciones de arquitectos. En los testimonios se destacó la transformación urbana y señorial experimentada en la capital vizcaína, las referencias a la adaptación con el entorno construido, y a la sobriedad de la arquitectura, que en la década de los treinta coincidió con el desarrollo del racionalismo.

Los edificios se ilustraron con material gráfico cuyo uso tuvo una importancia destacada en *Propiedad y Construcción* y en *La Construcción y las Artes Decorativas*. De hecho las imágenes que aparecieron en la primera revista vasca de arquitectura, sirvieron para ilustrar en 1924 el libro dirigido por Damián Roda *La Arquitectura Moderna en Bilbao*. Las imágenes siguieron presentes en *Propiedad y Construcción*. Inicialmente una fotografía de algún edificio apareció en la portada del boletín, aunque la sección



PROPIEDAD Y CONSTRUCCIÓN 7

El progreso urbano de Bilbao

La última obra de don Manuel María de Smith en la Alameda de Recalde y Licenciado Poza, para el propietario don Patricio Bilbao.—Descripción de esta casa doble.

Es don Manuel María de Smith, juntamente con otros varios arquitectos de vanguardia, la causa de que el autor de los presentes reportajes se desespere ante la inutilidad de sus esfuerzos cada vez que llega a su estudio—un amable rincón de artista, con detalles de la más exquisita sensibilidad—en busca de materias para llenar unas cuartillas.

Para don Manuel María de Smith ninguna de sus obras merecen los honores de la publicidad; siempre tienen uno o muchos defectos que las hacen desmerecer ante sus compañeros; invariablemente reconoce que las columnas de *Propiedad y Construcción* no se engalanan dando a sus lectores lo que «no vale la pena».

Hago estas manifestaciones, aun comprendiendo que no interesan al lector y que hasta puede creerlas indiscretas, para se comprenda hasta qué punto es difícil la consecución de las presentes informaciones, que el autor reconoce y proclama noblemente languidecen y en ocasiones son decididamente soporíferas, no por su voluntad—que la tiene muy sinceramente basada en servir la justificada curiosidad de los lectores—sino, en primer término por la aridez de los temas a tratar y muy principalmente, por su falta de preparación técnica y las dificultades casi insuperables que en ocasiones tiene que vencer para reunir los necesarios datos imformativos.

Demostración de esto último: en la conversación sostenida con el señor Smith relativa a la nueva construcción de la cual vamos a tratar enseguida, dicho señor, después de escudarse en sus amables e inveteradas negativas, se lamentó de que tanto él como sus compañeros no puedan, mas que en contadas ocasiones, ver plasmados en la realidad sus planes por la intervención de fuerzas que los hacen variar.

Así en este caso concreto el señor Smith había planeado una torrecilla, a guisa de remate ornamental, en el vértice de las dos fachadas, y luego tuvo que ceder ante sugerencias para él muy respetables...

* * *

La última obra del señor Smith es una magnífica casa doble situada en el ángulo de la Alameda

Figura 7
Casa de vecindad de Manuel María de Smith para el contratista de obras Patricio Bilbao, publicada en la revista *Propiedad y Construcción* en 1932



8 PROPIEDAD Y CONSTRUCCION

El progreso urbano de Bilbao

Las futuras Escuelas de la calle de San Francisco han sido adjudicadas a los jóvenes arquitectos señores Madariaga y Zarrauz.—Descripción de esta magna obra.

No era fácil resolver el problema que planteaba el Ayuntamiento con respecto a los muchos y complejos servicios docentes que deseaba instalar en el solar del desaparecido cuartel de San Francisco; porque el Ayuntamiento quería que sobre el área de una extensión aproximada de 13.000 metros cuadrados se proyectara "nada más" que lo siguiente:

Una Escuela Elemental, para 1.600 alumnos.
Una Escuela Maternal, para 700.
Escuelas para adultos.
Servicios para la Inspección médico-escolar.
Y un Parque de libre acceso al público.

Se abrió el correspondiente concurso y a él acudieron—henchidos de fervor profesional—lo más granado de los arquitectos bilbaínos y muchos vanguardistas forasteros.

Nuestros lectores ya conocen la fase eliminatoria de este concurso, y van a conocer ahora la definitiva, en la que han logrado el supremo galardón, justisimo, los jóvenes arquitectos don Juan de Madariaga y Astigarraga y don Joaquín Zarrauz, cuyos nombres están hoy aureolados por el triunfo.

* * *

Para interpretar fielmente la idea de los autores vamos a copiar con la mayor brevedad que nos sea posible, la parte sustancial de la Memoria redactada por los mismos.

El terreno queda dividido en dos partes bien definidas: una escolar y otra pública, siendo esta última, necesariamente, la que limita con las calles de San Francisco y Mirasol, porque es la menos apropiada para edificar escuelas, dada la proximidad de las casas, y porque es la parte más accesible desde la calle.

Otra diferenciación radica en las instalaciones, absolutamente independientes, de la Escuela Elemental, por un lado y la Maternal por otro, aunque en ésta se incluye la del Hogar, sólo con una dependencia, que proviene de su posición adjunta respecto de aquélla.

El servicio de la Inspección médico-escolar tiene su imprescindible independencia.

La Escuela Elemental está orientada al S. E. para aprovechar el soleamiento más abundante y agradable, que es el de la mañana.

En la posición de las aulas se han estudiado los dos sistemas usuales: a un lado del pasillo y a los dos lados.

El primero ofrece las ventajas de una perfecta ventilación transversal, y que las galerías, como lugar destinado al recreo en los días inclementes, son más agradables; y la disposición a los dos lados es más económica y necesita menos espacio. En este caso se ha adoptado el tipo de clases a un lado.

Para la iluminación de las clases han proyectado los autores un paramento que es todo él una ventana,

Figura 8
Maqueta del proyecto inicial del grupo escolar de San Francisco de Juan de Madariaga y Joaquín Zarranz publicada en la revista *Propiedad y Construcción* en 1933

escrita por Loygorri de Pereda fue la que recogió más material gráfico.

Gracias al material gráfico que aparece en las dos revistas podemos conocer como fueron algunos edificios hoy desaparecidos (figura 1), o constatar los cambios que han experimentado (figura 2). En otros casos nos podemos encontrar con proyectos que finalmente no se llevaron a cabo, o que fueron modificados durante la construcción (figura 8).

Resultan especialmente llamativos los dibujos con perspectivas axonométricas que hicieron muchos arquitectos en la composición de las fachadas de edificios racionalistas y publicó *Propiedad y Construcción* (Loygorri de Pereda 1932c, 1932d, 1933a, 1933b, 1934a; XX 1936; Mínguez 1998; Muñoz 2009) (figura 9).

La arquitectura también destacó por el uso del color. Loygorri de Pereda señala que el color se utilizaba para vivificar las fachadas exentas ya de aditamentos decorativos, para: «'mover' las fachadas, (…) suavizarlas y alegrar la adustez de sus líneas frías» (1934b, 11), a la vez que añadía que:

> El colorido de la fachada es algo insólito en Bilbao, pues en él alternan, artísticamente combinados, varios colores que «mueven» y alegran los lienzos de las fachadas. (1934a, 9)

El color en las fachadas estuvo presente en la alternancia del ladrillo rojo con carpinterías verdes y con zonas enjalbegadas en blanco, o pintadas en colores primarios. Aunque en la actualidad gran parte de este colorido se ha perdido y se podría tener en cuenta en futuras tareas de restauración.

8 PROPIEDAD Y CONSTRUCCIÓN

El progreso urbano de Bilbao

Nueva casa doble construida en el ángulo de la Alameda de Urquijo y calle del Doctor Areilza.
Arquitecto don Pedro Guimón.

El plano de la nueva urbanización de nuestra villa culmina en la vasta zona—que era eriales hasta hace muy poco—comprendida entre el segundo trozo de la calle de la Autonomía y la prolongación de la Gran Vía.

Sorprende lo que se está haciendo en aquella extensa área, a quienes falten de Bilbao hace tres o cuatro años.

Las construcciones, en esta parte del nuevo Bilbao, parecen frutos esporádicos, de generación espontánea, por la rapidez con que surgen, poblando estos lugares y completando la acción de extensión urbana hecha por el Municipio.

Entre estas construcciones figura la casa doble que dirige don Pedro Guimón y que consta de siete plantas dobles, de las que ha sido preciso el retranqueo de las dos últimas, porque las Ordenanzas municipales son en este punto intransigentes, y, para decirlo todo, de muy discutible eficacia…

Ocupa este inmueble un área de 506,025 metros cuadrados y su estructura es de hormigón armado, obra de don José Subinas.

Con referencia a esta construcción ha tenido la amabilidad el señor Guimón de facilitarnos la siguiente nota, que transcribimos íntegra para satisfacción de nuestros lectores.

"¿Significan algo interesante, como aportación al movimiento arquitectural moderno bilbaino? No; mientras tengamos que movernos dentro del estrecho molde de las Ordenanzas vigentes, todas las plantas serán por el estilo: patio central, habitaciones alrededor y largos pasillos junto a los medianiles. ¿Modo de evitarlo? Los patios medianeros y más radicalmente aún los patios al exterior, es decir, fachadas en biombo. Pero no he de abusar de la amabilidad de la Revista de la Cámara para hacer tribuna de explanación de esas teorías; por tanto, ciñéndome al tema expresado en los planos que ilustran estas páginas, diré:

Que en el solar alargado se han proyectado dos casas dobles, haciendo de los dos patios reglamentarios uno solo. Exteriormente también se han unificado ambas fachadas, lo que le da cierto empaque de gran finca. El tipo de casa es de las que más se fabrican en la actualidad, o sea de rentas moderadas, como para clase media.

¿Estilo?.. Moderno, racional y práctico, con el empleo de ladrillo aparente y enchapado de plaquillas de terracota".

En esta obra ha desarrollado el señor Guimón el programa mínimo, ya que no se trata de una construcción de "grandes vuelos", sino de una casa discreta, de rentas módicas que, nunca nos cansaremos de repetirlo, es lo que cada día se busca más; así vemos en las plan-

Figura 9
Perspectiva axonométrica de una casa de vecindad de Pedro Guimón en la confluencia de las calles Alameda de Urquijo y Doctor Areilza publicada en la revista *Propiedad y Construcción* en 1934

IV

En 1922 *La Construcción y Las Artes Decorativas* inició un camino que siguieron *Propiedad y Construcción* y el *Boletín del Colegio Oficial de Arquitectos Vasco-Navarro* hasta el inicio de la Guerra Civil. Las revistas profesionales bilbaínas fueron un medio para difundir información, ideas y proyectos, y también para crear un foro de opinión y debate sobre cómo se estaba desarrollando la metrópoli vizcaína. En sus páginas se dieron a conocer los principales proyectos de aquellos años de la mano de sus protagonistas. En consecuencia, las referencias a la construcción de aquellos proyectos, la mayoría viviendas de promoción privada, fueron constantes a través de normativas, críticas, comentarios, explicaciones, imágenes, anuncios publicitarios, y en menor medida a través de referencias técnicas que fueron excepcionales. Gracias a ellas podemos conocer entre, otras cuestiones, los profesionales, los gremios, los materiales, las técnicas, e incluso detalles como la importancia del color en la arquitectura de los años treinta.

Destacaron, por su relevancia, las referencias al hormigón armado, un material que pasó a consolidarse en la construcción de los años veinte y treinta. Aunque su presencia y articulación en las fachadas de los edificios fue variando, especialmente con el desarrollo de la arquitectura racionalista a partir de la década de los treinta. No faltaron referencias a la estandarización de los materiales de construcción como medio para afrontar el grave problema de la vivienda,

que continuó sin solucionarse e incluso se agravó. Sin embargo, se trató de propuestas en consonancia con criterios foráneos con escasa posibilidad de éxito en el ámbito local, donde la industria constructiva seguía con procedimientos mayoritariamente artesanales. A ello se le sumó la grave crisis del sector que estuvo presente durante las dos décadas, pero tuvo una especial incidencia durante la II República.

La variedad, riqueza y pluralidad de información que nos ofrecen las revistas profesionales editadas en Bilbao son, en definitiva, una fuente más a tener en cuenta para hilvanar la historia de la construcción en el ámbito local. Sin embargo, se trató de un camino que se truncó con la Guerra Civil, y no tuvo carácter de continuidad en los siguientes duros años de dictadura.

Notas

1. Francisco Javier Muñoz es profesor de la Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea. UPV/ EHU, y su trabajo se centra el estudio de la arquitectura y el urbanismo contemporáneos de Bilbao en particular, y del País Vasco en general.
2. La dirección artística de Guimón estuvo presente en los primeros números del magacín, hasta diciembre de 1922, a partir de entonces su colaboración con el boletín fue puntual. La revista contó con otros colaboradores como Emiliano Amann, Juan Arancibia, Ricardo Bastida, Fernando Escondrillas, Manuel Galíndez, Adolfo Gil, Emilio de Otaduy, Julio Sáenz de Barés, Manuel María de Smith, Federico de Ugalde, Secundino Zuazo y los ingenieros: Félix de Urtiaga, Joaquín M. de Trillo, Nilo Ortiz, Mario Martínez, Valentín Vallhonrat, Juan Urrutia, Alfonso Churruca y José Luis Escario.
3. Inicialmente la cámara editó el *Boletín de la Cámara Oficial de la Propiedad Urbana de Bilbao* que en 1922 publicó doce números. Tras un año de inactividad el boletín retomó su actividad en enero de 1924 publicando otros dos números. A partir de marzo de 1924 la revista adoptó el nombre de *Propiedad y Construcción.*
4. El Real Decreto de 19 de junio de 1907 creó las Cámaras Oficiales de la Propiedad Urbana con el fin de aglutinar a diferentes propietarios urbanos para defender y fomentar sus intereses. Su colegiación fue obligatoria a partir del Real Decreto de 25 de noviembre de 1919. En Bizkaia existieron diferentes cámaras, la más antigua fue la Cámara de la Propiedad Urbana de Vizcaya con jurisdicción en toda la provincia, a excepción de aquellos municipios que contaran con cámaras propias como Barakaldo, Getxo y Sestao. De hecho con el tiempo la cámara adoptó el nombre de Cámara de la Propiedad Urbana de Bilbao.
5. Originariamente el inmueble era de menores dimensiones y no contaba con el torreón del chaflán ni la cubierta amansardada.
6. El COAVN fue el primer colegio de arquitectos que se creó en España. Asimismo su boletín se adelantó a otras publicaciones colegiales similares, como las de los colegios de Madrid y Barcelona que aparecieron el 1 de octubre de 1931 y en marzo de 1932 respectivamente.
7. El día de su constitución el colegio estaba formado por 93 arquitectos: 5 en Álava, 41 en Bizkaia, 35 en Gipuzkoa, y 12 en Navarra. En 1936, antes del inicio de la Guerra Civil, el número de arquitectos colegiados fue de 110: 5 en Álava, 46 en Bizkaia, 42 en Gipuzkoa y 17 en Navarra. A ello se sumaron diez profesionales más, -de Madrid, Barcelona y Córdoba-, que ya estaban inscritos en otros colegios, pero que se adhirieron al vasco-navarro para poder trabajar dentro de su jurisdicción.
8. En Bilbao destacaron las librerías Miñambres (Gran Vía 4) y Universal (Ledesma 12), la primera desaparecida y la segunda todavía en funcionamiento. Resulta llamativa la publicidad de la Librería Universal en la revista *Propiedad y Construcción*, que además de proporcionar libros nacionales y extranjeros anunciaba la suscripción a todas las revistas y periódicos.
9. Desconocemos la fecha de fundación de la Asociación de Arquitectos Vizcaína, pero siguió existiendo tras la creación del COAVN al menos hasta 1947.
10. Los números 23 y 24 versan sobre la aplicación del cemento por medio de aire comprimido, el 27 sobre el vaciado rápido de bloques de hormigón, y los números 39 y 40 giran en torno a cales y cementos. Además de los colaboradores habituales también escribieron en la revista los ingenieros Ricardo Araya, Luis Baldasano, Jules Bied, Pedro Elías, José Luis Escario, Antonio Llano y Adolfo Probst.
11. Federico Ugalde. *La Construcción y las Artes Decorativas*, 1922, 7: 1-4. Nueva sucursal del Banco de Bilbao en Madrid. *La Construcción y las Artes Decorativas,* 1923, 19: 2-5. Sobre el uso del hormigón armado en Bilbao se puede consultar: Burgos Núñez 2009, Rossell y Cárcamo 1994, Sagarna Aranburu 2011.
12. La belleza de Bilbao. *La Construcción y las Artes Decorativas*, 1923, 20: 1.
13. Declaraciones de los arquitectos Estanislao Segurola, Félix de Agüero y Tomás Bilbao recogidas por E. Loygorri de Pereda.
14. En 1923 *La Construcción y Las Artes Decorativas* reprodujo de manera anónima un artículo de Teodoro de Anasagasti publicado en la revista *La Construcción*

Moderna en 1915. En él el arquitecto apuntaba que algunos profesionales extranjeros habían sabido dar con la fisonomía adecuada de las construcciones industriales, evitando toda monotonía y uniformidad. Así en Alemania se destacó la labor de Peter Behrens, Stofregen, Albert Maix, los hermanos Rank o Riemerschmid. Igualmente, se destacaron los grandes silos de carbón y las torres y depósitos de aguas, como las construcciones industriales más características. El arte de las construcciones industriales. *La Construcción y las Artes Decorativas*, 1923, 22: 5-7. Se trata del único artículo que hace referencia a la colaboración entre arquitectos e ingenieros.

15. El artículo se publicó en 1913 en la revista *Arquitectura y Construcción* y reprodujo, a su vez, la conferencia del arquitecto pronunciada en Valencia el 17 de mayo de 1910, con motivo del II Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias.
16. Anuncios publicados en *La Construcción y las Artes Decorativas* a partir de febrero de 1923 y septiembre y diciembre de 1922 respectivamente.
17. La obra: presupuesto y liquidación. *La Construcción y las Artes Decorativas*, 1922, 1: 6. La crisis de la construcción. *La Construcción y las Artes Decorativas,* 1922, 2: 5-7. La crisis de la construcción. *La Construcción y las Artes Decorativas,* 1923, 28: 2-3.
18. Sirvan de ejemplos las modificaciones a las ordenanzas municipales de construcción de Bilbao. Más concretamente el artículo 117 (boletín núm.29 de 1934) sobre muros medianeros; el artículo 1063 (boletín núm.33 de 1934) sobre patios; el artículo 1066 (boletín núm.58 de 1936) sobre nuevas reglas para construir entrepisos en las plantas bajas; o la reforma a las ordenanzas de la zona A del Ensanche de Deusto (boletín núm.32 de 1932) sobre la posibilidad de construir edificios, nunca viviendas, de entrepisos desmontables en madera.
19. Temas actuales. La crisis del trabajo. *Propiedad y Construcción*, 1931, 99: 4. Una proposición para mediar la crisis del trabajo. Exenciones a las nuevas construcciones urbanas. *Propiedad y Construcción*, 1932, 8: 4-5. Para estimular la edificación. Una proposición de la Cámara de la Propiedad Vizcaína. *Propiedad y Construcción*, 1932, 111: 17. Ocio Urreta 1932.
20. Boletines núm.16 de 1933 y núm.33 de 1934. Las exenciones se inspiraron en medidas adoptadas con anterioridad al ampro del las Leyes de Casas Baratas, y fueron un adelanto de aquellas que se tomaron más tarde como la Ley de Previsión contra el Paro (boletín núm.47 de 1935). Al respecto se puede consultar: Muñoz Fernández 2011, 201 y ss.
21. La revista realizó monografías sobre Félix de Agüero, Emiliano Amann, Julián Apraiz, Diego de Basterra, José María de Basterra, Tomás Bilbao, Rafael de Garamendi, Adolfo Gil, Pedro Guimón, Pedro de Ispizua, Leonardo Rucabado, Julio Sáenz de Barés, Estanislao Segurola, Manuel María de Smith, Federico de Ugalde y Secundino Zuazo.
22. A partir de 1935 la sección fue redactada por BNB y XX.

Lista de referencias

Agnew, Paul Gough. 1923. «La normalización en la industria». *La Construcción y las Artes Decorativas*, 32: 7-8.

Basurto Ferro, Nieves. 2005. Introducción. En: *Arquitectura Moderna en Bilbao*, dirigido por D. Roda, 8-51. Bilbao: COAVN. Bizkaia.

Burgos Núñez, Antonio. 2009. *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid: Ministerio de Fomento.

Colegio Oficial de Arquitectos Vasco Navarro. 1930. *Estatutos*. Bilbao: Imp. G. Ibáñez.

ELE. 1933. «El progreso urbano de Bilbao. El nuevo Cuartel de los Forales de Vizcaya». *Propiedad y Construcción,* 121: 7-8.

Encina, Juan de la. 1935. «Arquitectura vizcaína». *Propiedad y Construcción*, 147: 3-5.

Hurtado Torán, Eva. 2001. *Desde otra voluntad de permanencia. Las publicaciones periódicas de arquitectura. España 1897- 1937*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Iribarne, José. 1922a. *El arquitecto Pedro Guimón y las modernas orientaciones pictóricas.* Bilbao: Imp. de la Viuda e Hijos de Hernández.

Iribarne, José. 1922b. «Sobre arquitectura vasca. José de Iribanre: El arquitecto Pedro Guimón y las modernas orientaciones pictóricas en el País Vasco». *La Construcción y las Artes Decorativas*, 3: 3- 6.

Lampérez y Romea, Vicente. 1923. «La forma artística en las obras de cemento armado». *La Construcción y las Artes Decorativas*, 15: 2-8.

Loygorri de Pereda, L. 1928a. «El progreso urbano de Bilbao. Un nuevo acierto del notable arquitecto don José María Basterra y una nueva prueba del espíritu emprendedor de don José Obregozo». *Propiedad y Construcción*, 61: 7.

Loygorri de Pereda, L. 1928b. «El progreso urbano de Bilbao. Un nuevo éxito del inspirado don Tomás Bilbao y Hospitalet». *Propiedad y Construcción*, 65: 7.

Loygorri de Pereda, L. 1928c. «El progreso urbano de Bilbao. Los señores Segurola y Agüero están construyendo para don Ángel Buesa unas casas que son el prototipo de vivienda práctica». *Propiedad y Construcción*, 67: 7.

Loygorri de Pereda, L. 1932a. «El progreso urbano de Bilbao. Repercusión de la crisis económica en la industria de la edificación». *Propiedad y Construcción,* 13: 9-10.

Loygorri de Pereda, L. 1932b. «El progreso urbano de Bilbao. Nueva casa doble, propiedad de don Domingo de

Hormaeche, arquitecto don Manuel Galíndez». *Propiedad y Construcción*, 107: 7.

Loygorri de Pereda, L. 1932c. «El progreso urbano de Bilbao. Resultado del Concurso de Casas Baratas del Excelentísimo Ayuntamiento de Bilbao. Primer premio: don Emiliano Amann; su obra. Segundo premio: don Juan de Madariaga y don Luis Vallejo y Real de Asúa». *Propiedad y Construcción,* 110: 13-17.

Loygorri de Pereda, L. 1932d. «El progreso urbano de Bilbao. La crisis económica de la industria de la construcción. La nueva casa doble que construye en la Plazoleta de Aguirre, esquina a Henao, el arquitecto don Antonio de Araluce y Ajuria para la Sra. Viuda de Zuvillaga». *Propiedad y Construcción*, 113: 9-10.

Loygorri de Pereda, L. 1932e. «El progreso urbano de Bilbao. Cuatro creaciones arquitectónicas de don Tomás Bilbao y Hospitalet. El joven arquitecto explica en unas cuartillas la significación de sus últimas obras». *Propiedad y Construcción,* 118: 8-14.

Loygorri de Pereda, L. 1933a. «El progreso urbano de Bilbao. El futuro e importante bloque de casas, que Hogar Propio S.A., construirá el notable arquitecto don C. Emiliano Amann». *Propiedad y Construcción,* 123: 6-8.

Loygorri de Pereda, L. 1933b. «El progreso urbano de Vizcaya. La nueva escuela de Ondárroa, obra del arquitecto municipal don Pedro Guimón y Eguiguren. Su descripción según la memoria oficial». *Propiedad y Construcción*, 129: 8-10.

Loygorri de Pereda, L. 1934a. «El progreso urbano de Bilbao. Nueva casa doble construida en el ángulo de la Alameda de Urquijo y la calle del Doctor Areilza. Arquitecto don Pedro Guimón». *Propiedad y Construcción*, 136: 8-9.

Loygorri de Pereda, L. 1934b. «El progreso urbano de Bilbao. Don Pedro de Ispizua está construyendo cinco casas dobles de vecindad para los señores de Abando. Descripción de las mismas. Detalles complementarios». *Propiedad y Construcción,* 138: 10-11.

Mínguez Rompiñón, J. Alberto. 1998. «Representaciones axonométricas en la obra racionalista de Pedro Guimón». En: *VII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica. En los límites del reflejo arquitectónico*, 291-310. Bilbao: Universidad del País Vasco, 1998.

Muñoz Fernández, Francisco Javier. 2008. «La ciudad en papel. La revista bilbaína 'La Construcción y las Artes Decorativas'». En *Estudios de Historia del Arte en memoria de la profesora Micaela Portilla*, editado por J.J. Vélez, P.L. Echeverría y F. Martínez de Salinas, 431-440. Vitoria- Gasteiz: Diputación Foral de Álava. Arabako Foru Aldundia.

Muñoz Fernández, Francisco Javier. 2009. «Cubos bonitos. El valor pictórico de la arquitectura racionalista en el País Vasco». En *El arte del siglo XX,* editado por C. Giménez Navarro y C. Lomba Serrano, 519-535. Zaragoza: Institución Fernando el Católico. Universidad de Zaragoza, 2009.

Muñoz Fernández, Francisco Javier. 2011. *Arquitectura racionalista en Bilbao (1927- 1950). Tradición y modernidad en la época de la máquina*. Bilbao: Universidad del País Vasco.

Muñoz Fernández, Francisco Javier. 2012. «La arquitectura publicada. Revistas vascas de arquitectura (1922-1936)». En *Las revistas de arquitectura (1900- 1975): crónicas, manifiestos, propaganda,* coordinado por J. M. Pozo, H. García-Diego e I. García, 719-728. Pamplona: t6) ediciones.

Ocio Urreta, Enrique de. 1932. «El Estado de la propiedad. La urgencia de una política de construcción». *Propiedad y Construcción*, 110: 12-13.

Roda, Damián (dir.) 1924. *La Arquitectura Moderna en Bilbao*. Bilbao: Talleres Echeguren y Zulaica.

Rosell, Jaume y Cárcamo, Joaquín. 1994. *Los orígenes del hormigón armado y su introducción en Bizkaia. La Fábrica Ceres de Bilbao.* Bilbao: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia.

Sagarna Aranburu, Maialen. 2011. *Gipuzkoako arkitekturaren eboluzioaren azterketa hormigoi armatuaren garapenari lotuta*. Donostia- San Sebastián: Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea.

Sanz Esquide, José Ángel. 2006. «A propósito de la cultura de la imagen. 'Nicht mehr Lesen! Sehen!', 'Ausserdem lesen die Architken nicht'». En *El g.a.t.e.p.a.c. y su tiempo. Política, cultura y arquitectura en los años treinta*, editado por S. Landrove, 177-178. Barcelona: Fundación do.co.mo.mo. ibérico.

Segurola, Estanislao. 1924. «Temas arquitectónicos del momento». *La Construcción y las Artes Decorativas*, 39: 2-5.

XX. 1936. «El progreso urbano de Vizcaya. Casa doble de vecindad proyectada y construida en Algorta por don Rafael Garamendi para don Francisco de Aldecoa». *Propiedad y Construcción,* 157: 8-9.

Puente colgante de San Miguel, en Huesca, pionero del hormigon armado y joya modernista de 1912

Gabriel Muñoz Rebollo

Cien años después de su construcción, esta notable infraestructura urbana de HA, sigue soportando un intenso tráfico a la entrada norte de su ciudad, proyectada por el Ingeniero de Caminos Gabriel Rebollo Canales (Segovia 1871-Madrid 1941), contiene una original disposición de vigas arco triarticuladas y péndolas, y ha sido catalogada Bien de Interés Cultura de Aragón en 2006 por su innovación técnica y elegante traza modernista. Pero el Puente de San Miguel a pesar de merecer como «algunos puentes ponderar su belleza y grandeza», al no ser «habitual en el mundo de las obras publicas las guías con información breve y ordenada» (Casas Gómez 2011), carece de un amplio estudio de sus características y estilo.

El Mº de Fomento aprueba la ejecución en 1899 de un «Puente Estándar» para sustituir al antiguo de tres claros que enfilaba a la torre románica del Monasterio (figura 1). Paralizando su construcción la necesidad de modificar dicho expediente de adjudicación, mediante un Reformado, al no sintonizar la ciudadanía con dicho proyecto. En 1908 se acude a Rebollo, como especialista en HA, el cual crea una obra impactante por la aparente fragilidad y esbeltez de su estructura, su moderno porte, y su emplazamiento tangente al ábside del Monasterio.

Un nuevo paso sobre el Isuela, lugar de encuentro de tres jóvenes Ingenieros

Telmo Lacasa Navarro: termina la carrera en 1897, y destinado en la JOP de Huesca, propone un puente-tipo ubicado aguas arriba del Monasterio

Programado para la *Carretera de Bolea a Aguas – Ramal del Apiés*, opta por derribar el puente «en piedra de mampostería pobre y reparado con ladrillos (detestablemente)... de escaso valor y aprovechamiento» debido a su «lamentable conservación» (Lacasa 1899), y sustituirle por un Proyecto *tipo-estándar* de 12m luz, arco rebajado y sillares de piedra arenisca (figura 2), que adjudicado, no se acomete por sus desagüe y ancho insuficiente, necesidad de expropiación de huertas, y por interferir con la construcción de otro Expediente de la Carretera a Sabiñánigo.

Emilio Monterde Fortea: promoción de 1895, funcionario en Teruel, tramita el Proyecto Reformado que incluye el «puente arco» colgante de HA emplazado sobre el existente

La contestación suscitada por el proyecto *tipo,* se resolvió de forma concluyente por el trámite del



Figura 1
Antiguo puente de San Miguel, demolido en 1911 (Fototeca de la DPHu)

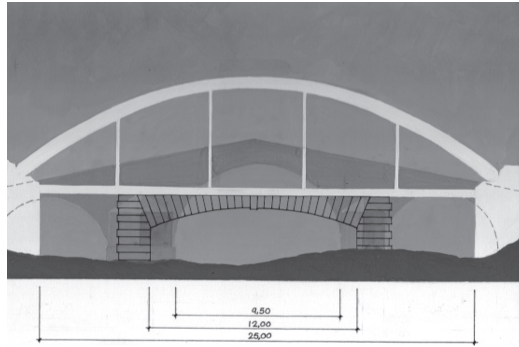


Figura 3
Comparativo de los claros ante el riesgo de inundación (Dibujo del autor)

Reformado que el Ingeniero Monterde tramitó con la solución en HA que Rebollo había estudiado. En un «Informe Previo a la Superioridad» aclara «que la proximidad a una capital de provincia de una obra de esta clase le impone ciertas condiciones monumentales», preocupándole la capacidad de desagüe (figura 3). Para solventar el problema, propone «requerir al experto y competente ingeniero Rebollo para que se haga cargo» (Monterde 1911) ya que de él eran los croquis y presupuestos que circulaban por Huesca, y su material especifico -HA- obligaba a ser experto y ostentar Patentes de Invención.

Gabriel Rebollo Canales: se titula en 1896, y es conocido por sus puentes de HA, como La Peña en 1902 en Bilbao, y Monzón y Estada en Aragón

Con gran reputación en el Cuerpo de Ingenieros por su especialidad, muy exigua entre sus compañeros, y en España, por sus trabajos con la Sociedad francesa Hennebique, desde que acaba su carrera, goza de compatibilidad expresa en sus destinos para actuar en procedimientos e investigar Sistemas referidos al

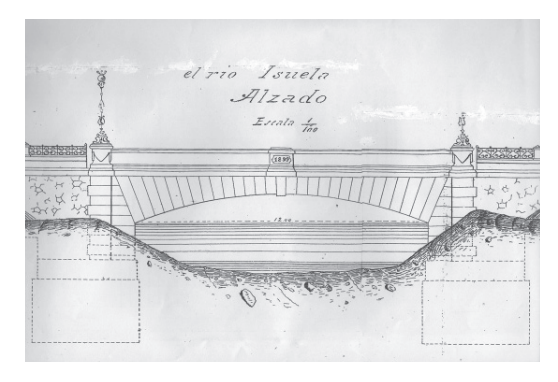


Figura 2
La propuesta del Ing. Lacasa. (Proyecto-tipo 1899)



Figura 4
El Ingeniero Rebollo Canales (Propiedad del autor)

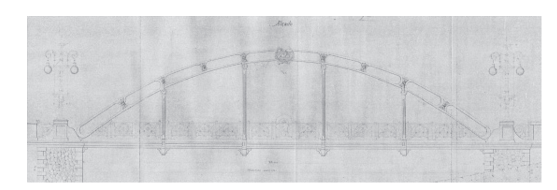


Figura 5
Alzado presentado por Rebollo, h. 1909. (AHP de Huesca)

HA. Ofrece Rebollo (figura 4) en el Puente de San Miguel un trazado urbanístico novedoso que optimiza y salva las exigencias y presiones locales.

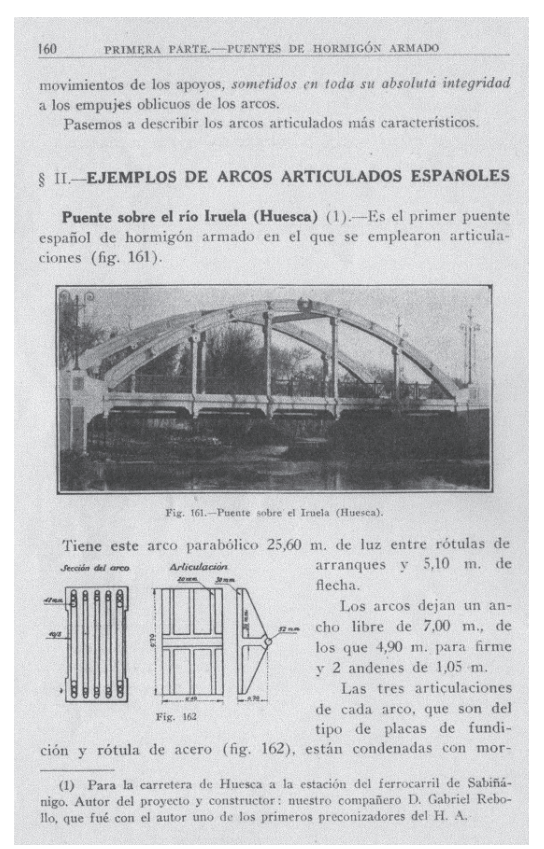
La inclusión de los planos «ejecutivos» en el expediente, para sustituir al contratado «*puente-tipo*, nos permiten cotejar en la estructura datos de cálculos y detalles del armado, en la sección de las vigas arco, asimilables en la distribución de sus redondos, flejes y pletinas a sus Patentes registradas (figura 5).

El hormigón armado material resistente y duradero, se admira y divulga entre los «precursores», sin desdeñar su flexible tratamiento en los diversos estilos artísticos

Armado de acero en su interior, responde a nuevos esfuerzos de tracción, flexión y tensión cortante, cualidades que suma a su talante frente al fuego y la corrosión

Condiciones técnicas que se imponen, y publicitan los pioneros del HA en revistas y libros, pues además, su consistencia plástica moldea formas estéticas –incluso escultóricas– útiles en la ingeniería, al crear un cuerpo pétreo con nuevas texturas, cuyo tratamiento registran bajo Patente de Invención, con las mejoras experimentadas en sus Constructoras, como Rebollo en la R&E.

En *«Puentes de fábrica…»* (Ribera 1925) otorga al «compañero G. Rebollo», ser «uno de los primeros preconizadores del HA», y (Torroja 1960) dice de la inédita articulación: «la articulación triple se trata de una obra notable en la evolución de la Ingeniería española» (figura 6). Sobre su trayectoria se escribe: «La contribución de Rebollo, junto con otros ingenieros, al desarrollo del hormigón armado en España fue especialmente significativa y abriría nuevos caminos en el diseño de audaces e innovadoras soluciones constructivas para puentes» (Burgos Núñez 2009).



160 PRIMERA PARTE.—PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO

movimientos de los apoyos, *sometidos en toda su absoluta integridad* a los empujes oblicuos de los arcos.

Pasemos a describir los arcos articulados más característicos.

§ II.—**EJEMPLOS DE ARCOS ARTICULADOS ESPAÑOLES**

Puente sobre el río Iruela (Huesca) (1).—Es el primer puente español de hormigón armado en el que se emplearon articulaciones (fig. 161).

Fig. 161.—Puente sobre el Iruela (Huesca).

Tiene este arco parabólico 25,60 m. de luz entre rótulas de arranques y 5,10 m. de flecha.

Fig. 162

Los arcos dejan un ancho libre de 7,00 m., de los que 4,90 m. para firme y 2 andenes de 1,05 m.

Las tres articulaciones de cada arco, que son del tipo de placas de fundición y rótula de acero (fig. 162), están condenadas con mor-

(1) Para la carretera de Huesca a la estación del ferrocarril de Sabiñánigo. Autor del proyecto y constructor: nuestro compañero D. Gabriel Rebollo, que fué con el autor uno de los primeros preconizadores del H. A.

Figura 6
Hoja del libro de Ribera, dedicada al Puente del Isuela, con Nota a Rebollo, y detalles de la viga arco y de la articulación

Los ingenieros Ribera, Grotta, y Rebollo contactan en sus inicios con el empresario del HA, F. Hennebique, como Delegados en España

Recorriendo junto al fundador de la empresa parisina, caminos empresariales similares en la construcción. Rebollo en los años anteriores a su incorporación al Cuerpo de Caminos como colaborador en la Fábrica Ceres y el puente de Mieres, ampliando su práctica y comercialización del HA. Fueron críticos por la falta de ensayos regulares en laboratorio y de rigor en las pruebas de control. Su proyecto del Tranvía de Durango fue presentado en Europa ante una elite de profesionales por su valor experimental/científico.

Una novedad interesante y atractiva para la penetración del HA, en una España infra industrializada,

fue la mutua colaboración del Ingeniero Industrial Carlos Estibáus Echánove, conocedor de los procesos de fabricación del cemento y el acero, con el Ingeniero Rebollo. Resultando un maridaje provechoso en las obras que realizaron como *Sociedad en Comandita,* al fundir dos especialidades para mejorar y optimizar la puesta en obra. Entre las «invenciones» muy positivas, la distribución y zunchado de barras –con un determinado atado– las hace más solidarias, adherentes y resistentes, como se aprecia en las secciones de la viga hormigón de los planos del San Miguel.

El San Miguel se adapta a la estructura de puente colgante al material y al paisaje de La Alameda

El lenguaje del hormigón acoge con interés la estética de su traza modernista, abierto como en la arquitectura a la posibilidad de crear nuevas formas y soluciones que Gabriel Rebollo utiliza en ingeniería con la misma lectura en sus motivos ornamentales. Los rebajes en «cartucho» del hormigón y escudos fundidos en doble flor de lis, se perciben como eslabones engranados en una cadena de la que pende «grapada» –en proyecto– del eje del cilindro creado como cabeza de la péndola –sustituto del capitel en el montante–. Avanzando Rebollo, en «la oportunidad que dispone para aplicar un criterio artístico a la construcción de puentes… integra y diáfana» (Torroja 1960), presenta de un golpe, *ingeniería y estilo,* sin diferir en la praxis de la exigencia artística la arquitectura.

Estudio de los elementos constructivos y ornamentales del Puente de HA, sus características, rasgos identificativos, y aportaciones originales

La inventiva de Rebollo en todas sus fases del San Miguel resalta por su excelente diseño y *buen hacer,* y su contribución conceptual basada en las premisas: «la función nos da la forma» y «la decoración no debe perturbar la traza formal», que mejoran acertadamente en obra, lo dibujado en plano: en la mecánica, manteniendo la sensibilidad en el estilo y su idónea ubicación. Son sus principales rasgos:

Construcción pionera en HA de Puente Arco Colgante realizado en 1912

El bello Alzado de Rebollo refuerza la idea estructural con dos aportaciones didácticas que abandona en obra: la *Grapa metálica* que brota del aplique de acanto como fiador, para simular el *cuelgue* a la *viga-arco* de la péndola; y el *Pedestal* exento de las farolas sobre el estribo, que prolonga la barandilla en un remate en arco, siendo los motivos que se desplaza o pierde la verticalidad en las cabeza de las péndolas laterales, y que debilita el macizo del peto necesitado de compensar el empuje.

Tipología constructiva, de arcos rígidos triarticulados, formados por ramas enfrentadas de parábola, y péndolas que retienen las vigas traviesas del tablero

La acción mecánica de cada elemento es diáfana. Las traviesas recogen los seis largueros, y el de borde soporta media acera y la barandilla (menor carga total que los largueros centrales que concentran el peso del trafico), contemplando en un cálculo audaz la esbeltez de sus péndolas y demás escuadrías de la estructura al límite de la estabilidad, que acentúa lo liviano del apoyo en ménsula solo del último tramo del larguero, mientras el resto del «suelo suspendido» traslada su carga al arco (figura 7).

La suma de las cargas móviles y del peso propio se traslada a los arcos, en un esquema vectorial de fuerzas, recogidas por las péndolas desde las traviesas y largueros del tablero que se dibujan en los ele-

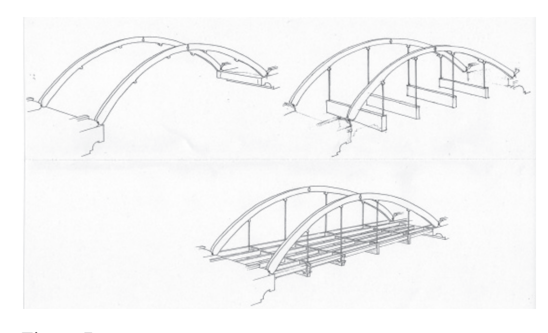


Figura 7
El proceso constructivo (Dibujo del autor).

mentos del Puente, trepando por las péndolas a las vigas portantes, recorriendo su núcleo, y descargando a tierra a través del bulón de la rotula, para su reparto en la cimentación. Como flechas lanzadas al arco, se descomponen los vectores en la unión con la cabeza de la péndola, y se anulan los de la rama de sentido opuesto, equilibrando esfuerzos, en su encuentro en la articulación superior.

El perno en las rotulas inferiores se sitúa respecto a la Directriz y el Foco a 2,85 m, a 2,80 de altura del Eje Simetría, y 16,50 –en proyección– del Vértice que marca la parábola, y define igual distancia al Origen (2,50 m desde foco y vértice, equidistante a ambos). Del eje central del Puente dista 16,65 m, siendo su altura desde el «bulón superior» de 7,75 m.

El San Miguel, ante los severos agentes prepirenaico de hielo y humedad, mantiene la durabilidad exigible a la ingeniería, sin el resguardo ventajoso al clima y al vandalismo de la arquitectura, que no admite materiales frágiles, ni blandas texturas, y solo la consistencia del HA le capacita para soportar el tráfico pesado al que le obligan la presa en construcción de Belsué. El autor lo corrobora, «ocurre que el HA es eterno y no necesita apenas conservación» (Rebollo 1901). Conocedor del material saca de él todo su potencial trazando un «eficaz arco» para el reparto de fuerzas, que apostado sobre las ménsulas a 50 cm del tablero, se elevan para el cuelgue de las péndolas formando con las traviesas trapecios o columpios, soporte de los tramos de losa, en un funcionamiento conjunto de la estructura:

- Dos arcos gemelos de HA, separados 7m entre sí, actúan como vigas portantes compuestos por dos ramas cónicas simétricas. Curvatura parabólica, 13,30m de longitud entre apoyos, y sección en el punto superior o de contacto de 75 × 50 cm y en el apoyo del estribo de 85 × 55 cm. La flecha asume 5,10 m al tablero;
- Triarticulación de las vigas arco, pieza clave la situada –como tercera rotula– en el punto de encuentro de las ramas parabólicas. Innovación de Rebollo (Ribera 1925) que permite por lo avanzado del cálculo, abarcar la luz del tablero cruzándose enfrentados al «tender al infinito» en el punto más elevado, aunque no se manifiesten apuntados (figura 8). El ingenio facilita un grado de equilibrio en libertad, sin roturas por torsión. Las placas en fundición aumentan su adherencia con aletas para su condena en el HA –76 × 48 cm en estribos y 65 × 42 cm en clave– posibilitan leves giros sin traslación por movimientos de dilatación o asentamiento, y los bullones –60 mm diámetro– que establecen la unión en el canal les hace *isostáticos*, evitando la incertidumbre de esfuerzos no controlados.
- Dos vigas riostras perpendiculares a los arcos, ligeras pero empotradas con cartelas que colaboran a su inmovilidad. Apostadas equidistantes, en los nudos donde cuelgan las cuatro péndolas centrales, su actuación es mínima, pues las *viga arco* son estables en sí mismas y capacitadas, por su peso propio, para resolver esfuerzos de flexión lateral por empujes como los producidos por viento o por las crecidas.
- Ocho péndolas de longitud de 5 m en centrales, y 4 m en laterales, e igual sección de 26 × 31 cm, están colgadas de los arcos y trabajan como tirantes –cables a tracción– en virtud de las barras de hierro enfundadas en hormigón, y biseladas y estriadas en sus cuatro caras.
- Cuatro vigas traviesas conectadas dinámicamente a las péndolas, soportan directamente las cargas para elevarlas. De su misma anchura 26 cm, las retienen las péndolas a modo de asiento-balancín, para apoyo de los largueros, separadas cada 5 m, dividen el tablero en 5 tramos. Su canto de 1,14 m –en testa– y su longitud de 7,80 m (ancho útil más las péndolas y molduras).
- Seis largueros longitudinales, de 20 cm de ancho, continuos por su empotramiento en las

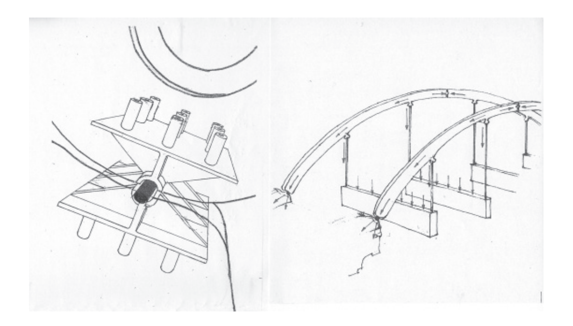


Figura 8
Distribución de líneas de fuerza y articulación del estribo. (Dibujos del autor).

traviesas. Sus cantos son diferentes por su situación y cota: dos largueros de calzada con diferencia de 30 cm, y de los cuatro restantes dos de andén y dos de frente que forman las aceras. Se reparten el ancho del Puente separados: 0,90-1,55-1,40-1,55-0,90 m, a dos alturas por el desnivel central.

– Losa sobre el entramado de largueros y traviesas que forja extendiendo una armadura de reparto y capa de compresión el tablero, para un empedrado o capa de rodadura. Como imposta remata el larguero de frente, con rodapié de protección de la acera, que es también *basa* de la barandilla. El extremo del último tramo, buscando la estática se empotra sólidamente en la ménsula del estribo (bajo la rotula) impidiendo movimientos de balanceo, y los restantes, con mayor longitud, descansan libres en un escalón del estribo. El entrevigado aclara interpretaciones erróneas observando su cara inferior, que muestra las diferencias de canto por las cargas que soportan cada larguero. El menor es el borde, que con su escuadría o dimensión, no podría nunca ser *cabeza inferior* resistente de una viga de celosía de 25 m de luz, en opinión de algunos anterior a su ejecución (Monterde 1911).

Durante la obra; Rebollo racionaliza la distribución de las cargas en el estribo y aumenta el claro, enriqueciendo el diseño del alzado en una «solución de continuidad» (figura 9):

– *Ménsulas para apoyo del arco que retranquean el estribo.* Vuelan un metro sobre el claro y son el apoyo del arco en la articulación queda sobre ella, en su prolongación recogen el último tramo del larguero de borde. Avanza en cuarto de círculo –en escocía hacia la imposta– aligerando «el marco al cauce» del macizo del estribo.

– *Falsas traviesas ornamentales.* Bloque remate de las ménsulas que forman un prisma en su extremo y son parte de su armado de acero y hormigonado. Prolongan el frente del tablero y bajo el apoyo, se unen al larguero-imposta. Las piezas nuevas seccionadas, cumplen como «testas» un interesante papel al ampliar la serie o sucesión de traviesas, de cuatro estructurales a seis, entre a las escuadras decorativas.



Figura 9
El puente en la actualidad (Foto del autor)

De menor entidad, pero tan atractivos como los detalles de los tratados clásicos de construcción, son los remates, encuentros y series definidas con maestría por hábiles carpinteros armadores, encofradores, ferrallas… formados en las empresas «artesanas» del HA, como la R&E:

– *Biselado de aristas* en algunas zonas. El canto *vivo* en vigas, péndolas y riostras, se perfila romo, achaflanando, en proyecto al considerar la calidad de la luz según el ángulo de incidencia, y manteniendo su aspecto cortante en los espacios que, sin rebaje, ocupa la Flor de Lis, como muestra de su preocupación estética.

– *Nudos estructurales* de tres piezas afines. Uniones como las de arco-péndola-riostra, y péndola-traviesa-imposta, son encuentros de interesante efecto arquitectónico muy estimables por su finura constructiva. La capacidad del proyectista para ensamblar la estructura reside en su maestría artesanal para resolver el concierto de líneas de fuerza generadas entre ellos. En el macizo del estribo la articulación: ménsula/arco/imposta, en voladizo se entrega el larguero de frente, bajo la rotula «condenada» en el apoyo del arco, aligerando su pesado volumen estático inamovible por su solidez. En el arco-viga: péndola/riostra, tratados como ensambles de ebanista o de perfiles soldados a tope, de «impecable ejecución» (Torroja 1960). Y péndola/traviesa/impostas a nivel del tablero, con las escuadras decorativas acopla-

das, elementos relacionados donde a la base del esbelto tirante se engancha la viga traviesa –sin solución de continuidad– y los largueros apoyados en las repisas se pegan a su *testa*.

– *«Artesonado» de hormigón divisado desde el claro*. Entramado de las vigas de la losa que modula el envés del tablero en un nítido reparto de traviesas y largueros y aporta una «visión mudéjar» del espacio –refugio de feriantes– a 2m de la línea de estiaje.
– *Piezas perdidas en el tiempo*: *Flores de lis del arco y barandilla, Farolas, y Bolas,* de las que se incluyen croquis, como propuesta para su restauración en el Puente (figura 10).



PATENTE DE INVENCIÓN

SIN GARANTÍA DEL GOBIERNO EN CUANTO Á LA NOVEDAD, CONVENIENCIA, UTILIDAD É IMPORTANCIA DEL OBJETO SOBRE QUE RECAE

Don

DIRECTOR GENERAL DE AGRICULTURA, INDUSTRIA Y COMERCIO

Por cuanto

MINUTA

Figura 11
Cédula de 1902, a favor de G. Rebollo, sobre *«Vigas de HA»*. (Registro Propiedad Industrial)

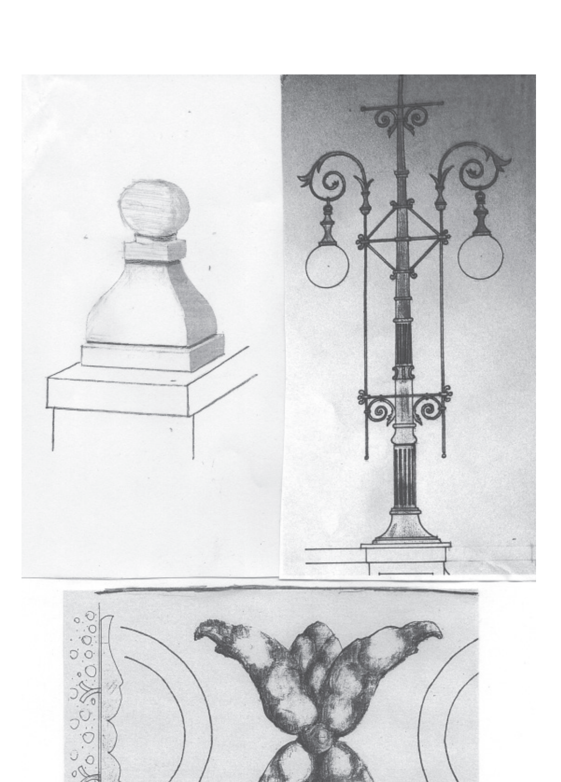


Figura 10
Elementos decorativos desaparecidos (Dibujos del autor)

Cédulas registradas oficialmente de los sistemas constructivos pioneros del HA

A principios del siglo XX, la inscripción de Patentes de Invención alcanza gran esplendor en España (Martín Nieva 2000) y Rebollo ostenta una importante de «Sistema de forjados y vigas, en HA» (figura 11) junto a otras de aplicación industrial y maquinaria. Su objetivo es refrendar el método que avala sus construcciones ante la Justicia en caso de siniestro al intervenir un control e inspección en obra, y evitar el robo de la idea y el *intrusismo* de facultativos y empresas no cualificadas en la construcción en HA.

La construcción del Puente de Rebollo demandó un proyecto profesional dirigido por responsables, que con las convenientes Patentes en la especialidad, mostrara el método de armar y encofrar con la mejor distribución y cuantía del acero, y relevante en este caso por colocar y zunchar el hormigón en vigas, pilares, losas, zapatas y otros elementos, con el esqueleto de hierro conforme a los croquis presentados en la Oficina de Patentes.

En tres secciones del Proyecto (figura 12) constan detalles a escala de los elementos sustentantes donde colaboran al unísono el hormigón presionado por los cercos, a compresión, y el hierro envuelto contra la corrosión que absorbe la tracción, la flexión y el esfuerzo cortante mejorando su rendimiento con barras de menor diámetros, dimensión, número, y quiebros, repartiendo las tensiones del material, de manera que el producto obtenido, sea económico y competitivo.

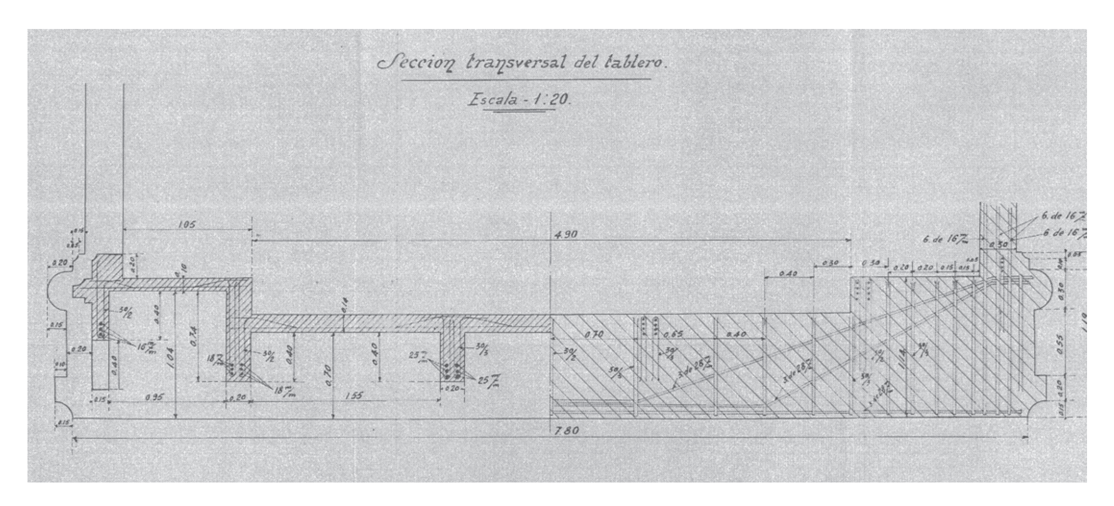


Figura 12
Sección del Puente (AHDPHu)

Implantación oblicua al cauce sin inclinación entre los accesos

El Puente lo sitúa Rebollo lindante al ábside, sin violentar el antiguo convento y sin curvas forzadas, acortando terreno en el acceso urbano que evita expropiaciones y destacando el doble de su luz (respecto al puente adjudicado) y la supresión de rampas y taludes, por ser colgante *–tablero inferior–* a cota de terreno.

La Memoria compara ambos trazados: «con las dos curvas en sentido opuesto,… mientras que así, sobra anchura en el actual camino a la salida del puente para la avenida o enlace con el ramal de Apiés» (Monterde 1911). El ingeniero se impone a la dificultad y acomete la corriente del río en diagonal, dando lugar a un conjunto transparente con el edificio histórico.

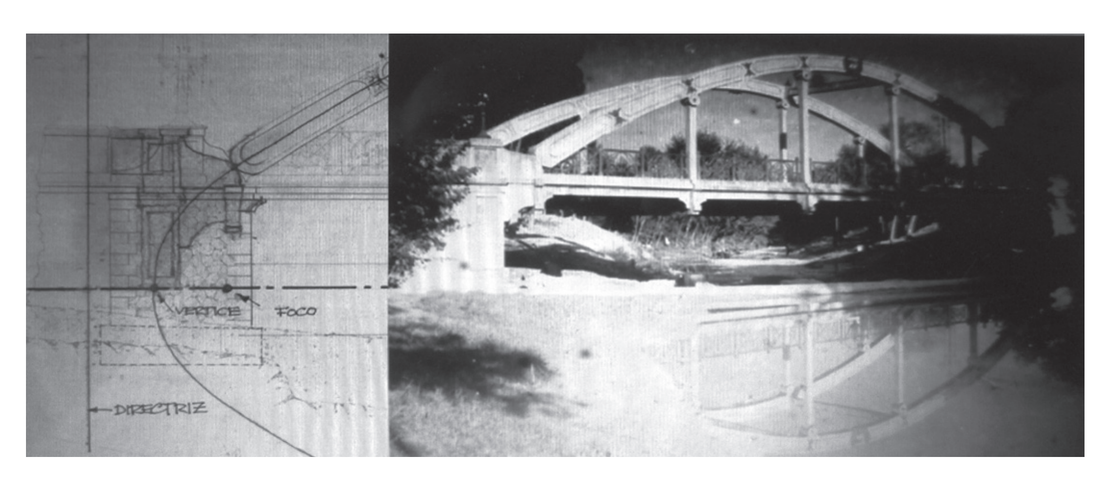


Figura 13
Estilo modernista del puente (Dibujo del autor y Foto de la DPHu)

Modernismo en la traza de sus arcos «envolventes» y en su ornamentación

Las ramas parabólicas enfrentadas cierran virtualmente el cauce y las piezas armonizadas de barandillas de zarcillos y farolas candelabro de globos, refuerzan el valor intrínseco del estilo, innato en su traza y ornamento (figuras 13 y 14). Las sencillas geometrías –simétricas– de líneas cajeadas o rebajes en el hormigón y, los toques naturalista metálicos, florales de dobles lirios, que ocupan un espacio discreto, los proyecta para ofrecer desde París el Ingeniero Delegado para España de la Sociedad francesa Hennebique, Gabriel Rebollo, un modernismo «con modestos motivos de decoración, en armonía con el papel que cada pieza desempeña.» (Monterde 1911).

Icono de la innovación técnica del HA y eslabón perdido del modernismo europeo

El tratamiento mecánico en arcos, péndolas y traviesas, y las líneas vanguardistas que inspira el estilo modernista, aproxima su estampa progresista a la de *un puente de autor* extramuros (figura 15). En la Huesca de entre siglos protagoniza, junto al floreciente Circulo Oscense, la integración, al considerar el proyectista el binomio Puente y Convento-Ciudad en un proceso de igual beneficio para ambos. Crea una *bella pieza urbana*, y modula el tráfico con visión de futuro.

La obra de Gabriel Rebollo es un rico patrimonio de la «Ruta europea del modernismo» en el género *estructural,* no decorativo, como se aprecia en la maqueta por el juego de las péndolas y el arco de ramas cónicas, que sin determinan superficies impone con las riostras espacios rompedores por su geometría simple y su ornamento minimalista de cartuchos. Oscar da Rocha (2014) en sus visitas al Madrid modernista, señalaba su adelanto en el diseño al Art Decó, en algún lustro, dando pie, como conclusión, a pedir la reposición de las piezas «disipadas» en el tiempo del Puente de San Miguel.



Figura 14
Postal h.1920. Leyenda: *«Puente Colgante de cemento armado»* (propiedad del autor)

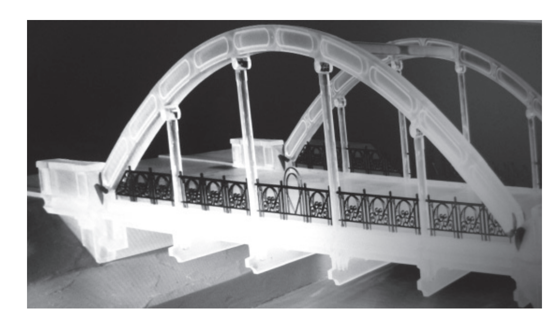


Figura 15
Maqueta del Puente de San Miguel. (CEHOPU 2011)

Lista referencias

Burgos Núñez, A. 2009. *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid: Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU.

Calvo Salillas, M. J. y F. Alvira Banzo. 2005. *El círculo oscense: Cien años de historia, 1904-2004*. Huesca: Ayuntamiento de Huesca y Diputación Provincial de Huesca.

Casas Gómez, A de las. 2012. *Andalucía; Guía de Obras Públicas*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Generelo, J. J. 2004. *Huesca Siglo XIX; la ciudad dividida, la ciudad soñada*. Huesca: Gobierno de Aragón. Departamento de Educación, Cultura y Deporte.

Laborda Nieva, J. 1997. *Huesca: Guía de arquitectura – An Arquitectural Guide*. Zaragoza: Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón.

Lacasa Navarro, T. 1899. *Proyecto de la Carretera 3º orden Bolea a Aguas, Ramal de Apiés a Huesca*. Jefatura Provincial de OP de Huesca*,* Nº legajo 269.

Martín-Nieva, H. 2000. *La introducción del hormigón armado en España: las primeras patentes registradas en este país*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Monterde Fortea. 1911. *Carretera de 3º orden de Huesca a la estación de Sabiñánigo. Trozo 1º. Proyecto de varia-*

ción de emplazamiento del puente sobre el río Isuela el origen del trozo y reformado general comparativo del mismo. Jefatura Provincial de OP de Huesca, Nº legajo 264 bis.

Navarro Ramírez, F. 1905. «Puentes de hormigón armado». *Revista de Obras Públicas*, 53, tomo I: 9-12.

Navas Gutiérrez, M. 2009. *La imagen de hormigón armado ¡HA! 1893-1936*. Madrid: Ministerio de Fomento CEDEX-CEHOPU.

Nuere, E. 1985. *La carpintería de lo Blanco; Lectura dibujada del primer manuscrito de Diego López de Arenas*. Madrid: Ministerio de Cultura.

Peña Amaro, A.; J. Díaz López y F. Daroca Bruño. 1999. *José Rebollo Dicenta; Arquitecto*. Córdoba: Demarcación de Córdoba del Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Occidental.

Rebollo Canales, G. 1901. «Construcciones de hormigón armado sistema Hennebique». *Revista de Obras Públicas*, 48, tomo I (1340): 197-200.

Ribera, J. E. 1925-1932. *Puentes de Fábrica y Hormigón Armado*. Madrid: Fundación Juanelo Tirriano. Tomo I a IV.

Romero Muñoz, D. 2012. *Puentes Arco en España*. Madrid: Ministerio de Fomento, CEDEX-CEHOPU.

Saez Ridruejo, F. 1983. «Los primeros ingenieros de caminos (1799-1839). Los fundadores del cuerpo». *Revista de Obras Públicas*, 130, (3213): 369-378.

Torroja, E. 1960. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto Técnico de la construcción y del cemento.

Opulencia y fatalidad en San Agustín de Saña en el Perú, siglos XVII al presente

Sandra Negro
Samuel Amorós

La villa de Santiago de Miraflores de Saña, ubicada a 719 km al norte de Lima, fue fundada el 29 de noviembre de 1563 en una planicie situada en la margen derecha del río Saña, con 41 vecinos empadronados (Angulo 1935, 286). La finalidad oficial fue el establecimiento de centros poblados en áreas alejadas de las ciudades, donde todavía existía un descontrol político, económico y religioso a manos de encomenderos y misioneros. Fue uno de los 11 corregimientos de la Audiencia de Lima. El asentamiento inicial tuvo 20 manzanas de 117,60 m. de lado, habiéndose dejado una libre para la plaza mayor. Cada manzana tuvo 6 solares de 39,20 × 58,80 m. Además de la distribución para los vecinos en el momento de la fundación, se asignaron los solares para el cabildo, iglesia, hospital, carnicería y mesón (Harth-Terré 1974, 105). Tuvo un rápido desarrollo debido a su consolidación como centro de producción, así como de comercialización de frutos y bienes provenientes de Loja, Chachapoyas, Cajamarca, Piura y Trujillo, con énfasis en el trigo, maíz, jabones y cuero, todo ello favorecido por la existencia a corta distancia del puerto de pequeño cabotaje de Chérrepe.

La inadecuada elección del sitio fundacional hizo que quedara gravemente afectada por El Niño de 1578, que inundó severamente la villa, obligando a trazar nuevamente las calles y una parte de las manzanas, así como llevar a cabo las reconstrucciones necesarias en iglesias, obras públicas y viviendas. A principios del siglo XVII contaba con 5 iglesias dentro del casco urbano, que eran la Matriz y aquellas de las órdenes del clero regular de franciscanos, agustinos, mercedarios y sanjuanistas. En las inmediaciones fueron erigidas la iglesia de Santa Lucía, que reunía a los indígenas de los 11 curacazgos locales (Huertas 1993, 164), así como la de San Joaquín (Wethey 1949, 121).

Los templos y demás edificaciones se vieron seriamente afectados por los terremotos de 1619 y 1687, que obligaron a realizar extensivas reparaciones. Si bien en 1686 la villa fue atacada por el pirata de origen inglés Edward Davis, que causó conjuntamente con 200 hombres, grandes estragos a nivel social y económico, las edificaciones no se vieron directamente afectadas, aunque los habitantes quedaron seriamente afligidos. Los episodios catastróficos a nivel constructivo han sido los mega-Niños de 1720 y 1728. Estas calamidades fueron consideradas por entonces como un castigo divino, por el comportamiento poco moral de buena parte de sus pobladores. A pesar de lo sucedido en 1578, nunca asumieron que la villa había sido erigida en un lugar totalmente erróneo, en el vado del río. A partir de las consecuencias de El Niño de 1728, buena parte de sus pobladores abandonaron paulatinamente el poblado, emigrando hacia Piura, Lambayeque, Chiclayo y Trujillo (Huertas 1993, 169).

El punto de inflexión se produjo con El Niño de 1720, que marcó el inicio de la ruina de Saña. Había estado lloviendo desde el 1 de marzo, razón por la cual no quedaban autoridades en el poblado, ya que se habían refugiado en el cercano asentamiento de

Lambayeque, ante la angustia de sus habitantes, que requerían se organizasen acciones concretas ante el inminente peligro (Hampe 2001, 24). Algunos de ellos habían buscado refugio, con toldos temporales, en las faldas del cerro Corbacho, mientras que unos pocos habitantes humildes debieron quedarse en el poblado. En la madrugada del 15 de marzo, el río se desbordó enfilando abrumadoramente desde el norte e inundándolo todo. Los pobladores huyeron despavoridos tratando de alcanzar su salvación, por lo que solamente murieron dos negras esclavas, la una ciega y la otra fatua.[1] El poblado quedó destruido, el barro acuoso alcanzó por momentos una altura de poco más de 2,00 m. Las edificaciones que mejor resistieron fueron las iglesias, por sus estructuras en ladrillos y su esmerada técnica edificatoria. Había llegado el momento de plantearse su reconstrucción o su reubicación.

La iglesia y convento de San Agustín

Fueron erigidos utilizando la segunda cuadra desde la plaza mayor, camino al norte ocupando una manzana entera. En el «plano de la ciudad de Santiago de Miraflores de Saña», mandado a elaborar después de la visita pastoral del obispo Baltazar Martínez Compañón entre 1782 y 83, no solamente se visualiza la devastación total del poblado debido a las inundaciones de 1720 y 1728, sino que por entonces los agustinos habían dejado definitivamente su iglesia y convento, los que se hallaban en un estado ruinoso. A partir de dicha acuarela es posible determinar que en la segunda mitad del siglo XVIII, el convento contaba con dos patios, uno mayor y el segundo de menores proporciones, además de la iglesia situada en la esquina de la manzana. En la actualidad, el segundo claustro no existe, debiendo haber quedado destruido en episodios catastróficos, tales como seísmos o en uno de los mega-Niños documentados en 1791, 1821, 1878, 1891 y 1925.

El convento se fundó en 1584 y fue admitido en el Capítulo Provincial de la orden en 1587. La construcción de sus estructuras debió comenzar en la última década del siglo XVI y concluir hacia finales del primer tercio del siglo siguiente. Esta afirmación se sustenta adicionalmente en un documento existente en el Archivo Histórico de San Francisco de Lima, que contiene un pleito entre franciscanos y agustinos por el maestro Blas de Orellana, quien acusado de robo por los franciscanos, fue castigado a trabajar por unos meses en los arreglos de la iglesia de dicha orden en Saña, afectada por el terremoto de 1619. Estando allí decidió, sin permiso alguno, trabajar en las reparaciones de la iglesia de San Agustín, lo que motivó el conflicto. El documento señala que el prior de los agustinos declaró que la capilla mayor de la iglesia estaba apuntalada y el refectorio y otras dependencias a punto de colapsar.[2] Esto nos induce a pensar que ambas iglesias estaban terminadas o se hallaban en la etapa final de su construcción.

La iglesia presenta un atrio frontal donde están dispuestos en compás el frontispicio de la iglesia y la portería conventual. Como era usual, éste funcionaba como cementerio. En un documento de 1646, en el juicio que se siguió a Francisco Zavala, por el asesinato de su mujer en Saña, mientras estaba siendo conducido a la cárcel escapó de sus guardianes, arrimándose a la portería del convento de San Agustín, que estaba dentro del cementerio de dicha iglesia.[3] El atrio se prolongaba lateralmente hacia la Epístola, donde se erigía la portada secundaria de acceso.

La planta de la iglesia ha generado a través del tiempo una extensa polémica, ya que se perciben 3 naves paralelas, la central y una lateral a cada lado. Para Harth-Terré se trató de una planta con una sola nave de seis tramos y sin crucero, que en el lado de la Epístola tenía una capilla de 3 tramos, y en el lado del Evangelio una capilla con 4 tramos, dos de circulación y otros dos propiamente para el culto (Harth-Terré 1974, 112). Los investigadores José de Mesa y Teresa Gisbert asumieron que se trató de una iglesia con una nave, flanqueada por «dos extrañas capillas» y que posiblemente la del Evangelio, que colinda con el claustro y termina en la sacristía con muro testero ochavado, pudo haber sido la primera temprana iglesia, lo que resulta desde nuestro punto de vista especulativo e improbable.[4] Con respecto a la capilla del lado de la Epístola, la conceptualizaron como una capilla abierta en forma de templete, situación inverosímil ya que se trata de 3 tramos, de los cuales el primero parecía un templete debido al colapso de los muros perimetrales (De Mesa y Gisbert 1985, 342).

Tomando en cuenta su temporalidad, debió tratarse de una planta gótica de una nave, con el sotacoro de un tramo, la nave de tres y el presbiterio de dos. A ambos lados de la nave y a partir del segundo tramo, fueron propuestas capillas hornacinas. El acceso

principal estaba en el muro de pies y el secundario en el primer tramo de la nave, en el lado de la Epístola. Este segundo acceso generaba un eje transversal que posibilitaba transitar desde el atrio lateral, al primer tramo de la nave, prosiguiendo a través de un espacio de articulación cuadrangular de 7,55 m de lado, que interrelacionaba tres espacios arquitectónicos: el que contenía la escalera que ascendía al coro alto, el vano que conducía al claustro y el vano hacia las capillas hornacinas del Evangelio.

Finalizando el tercer tramo de la nave se visualizaban a cada lado, los pilares que sostenían al ahora inexistente arco triunfal que la separaba del presbiterio. Además, la capilla mayor se hallaba a un nivel más alto que la nave, porque entre ambos espacios existían 2 escalones, mientras que entre los dos tramos del presbiterio había otros 3. Tomando en cuenta la altura de la bóveda sepulcral, situada en el subsuelo del presbiterio, habrían sido necesarios otros 2 escalones para ascender al nivel del piso sobre el cual se apoyaba la mesa del altar y el retablo mayor. Hemos agregado en el levantamiento arquitectónico dichos 2 escalones a nivel hipotético.

Desde el presbiterio y descendiendo las 2 gradas, a través de un vano abierto hacia el Evangelio se accede a un espacio cuadrangular de 7,27 m de ancho por 7,73 m de largo. El plano relevado por Harth-Terré, no ha considerado el vano que comunica el presbiterio con este espacio, mientras que dibujó un vano en el muro que vinculaba la última capilla hornacina del Evangelio hacia este espacio, el cual no pudo ser la sacristía como afirma en su texto, sino una antesacristía. Esta propuesta se sustenta a partir de los trabajos de escombrado llevados a cabo en el 2007, que liberaron una porción de muro con un vano central de jambas derramadas, que debió comunicar la antesacristía con la sacristía. Esta última queda entonces espacialmente reducida a nivel longitudinal. En cuanto al testero ochavado con contrafuertes exteriores, al presente no queda ningún resto arquitectónico o arqueológico que lo confirme. Desde la antesacristía también existía un vano que comunicaba con el claustro mayor del convento.

Para analizar el claustro mayor es necesario volver hasta el atrio, donde a través de una portada en compás con la de pies de la iglesia, se ingresaba a la portería conventual. Desde este espacio se accedía a una segunda habitación que comunicaba con el claustro, formado por un patio de gran amplitud, considerando que al tiempo de su construcción la villa de Saña

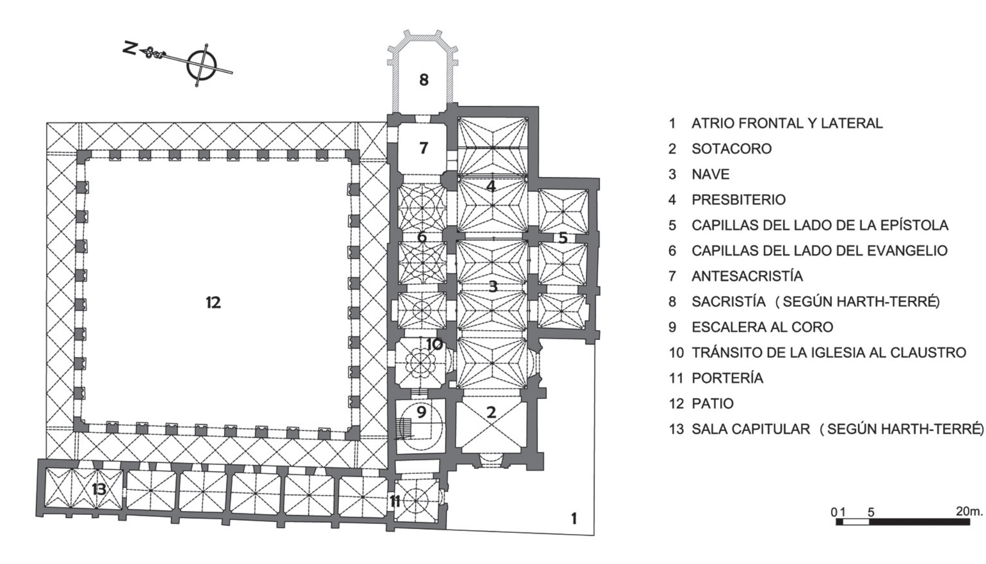


Figura 1
Planta de la iglesia y convento de San Agustín de Saña. (Relevamiento arquitectónico: Sandra Negro, Samuel Amorós y Oscar Vílchez, 2013)

contaba con cerca de un millar de habitantes. La planta del patio no es perfectamente cuadrangular, aunque esto se debe a la forma no exactamente ortogonal del trazo urbano de la manzana. A pesar de esta irregularidad, supera ligeramente los 40,00 m. de lado, dimensión extraordinaria si la comparamos con los patios de los conventos mayores de Lima, capital del virreinato del Perú. El perteneciente al convento mayor de San Agustín tuvo 32,20 m de lado, mientras que el más grande de la ciudad lo tuvo el convento de San Francisco con 33,60 m de lado. No deja de llamar la atención el ánimo de competencia y grandilocuencia de los agustinos en Saña, frente a las edificaciones de mercedarios y franciscanos.

Las cuatro galerías claustrales estuvieron delimitadas por nueve arcos de medio punto en cada lado. Estos arrancaron de pilares lisos de sección rectangular, sin pedestal y sin imposta. Dichos pilares muestran un tratamiento arquitectónico solamente en la elevación hacia el patio, donde se consideró un pedestal elemental, sobre el cual se dispusieron medias columnas pareadas de fuste liso y capitel toscano. Encima del capitel, una almohadilla unificaba ambos soportes y desde allí arrancaba una rosca del arco, con su correspondiente archivolta, que destacaban volumétricamente de la rosca generada por la arquería de pilares lisos. El diseño retoma la estética gótica, donde la rosca del arco solía estar formada por una serie de molduras en disminución y que en el Perú continuó en uso hasta los primeros lustros del siglo XVII. En el espacio de la albanega observamos tres perforaciones de sección cuadrada de tamaño en disminución de arriba hacia abajo, las cuales debieron ser hechas para estructurar un elemento volumétrico colgante, quizás una cartela o algún elemento similar, que no ha llegado al presente. Hacia el lado del patio, la arquería remataba con un entablamento completo. Los soportes de las galerías fueron resueltos íntegramente con ladrillos, los que de acuerdo a la necesidad fueron moldurados.

De los cuatro lados de las galerías claustrales, se conservan las habitaciones edificadas en dos de ellos. Uno corresponde a la iglesia y el otro a la crujía alineada con la portería. Los otros dos han desaparecido por completo, debido a diversos fenómenos naturales, de modo que desconocemos su desarrollo arquitectónico. El lado que permanece en pie está formado por el ambiente a continuación de la portería y cuatro espacios arquitectónicos de igual tamaño (7,25 m hacia el claustro por 6,00 m de profundidad), de los cuales desconocemos su función, si bien debieron ser las habitaciones de uso principal y comunitario de la orden. Entre éstos y hasta el rincón del claustro, erigieron una habitación de 11,60 m de longitud por 6,00 m de profundidad, a la que Harth-Terré le otorgó la función de sala capitular, sin haberlo demostrado en ningún momento.

Sin duda se trata de una edificación de gran complejidad, donde a causa de las inundaciones del siglo XVIII y a los frecuentes seísmos, las investigaciones arqueológicas pudieran ser escasamente provechosas, mientras que las fuentes documentales se hallan al presente aparentemente agotadas.

Arcos y bóvedas

Los vestigios existentes permiten establecer que los agustinos prefirieron emplear coberturas curvas para techar los tramos de la iglesia y las habitaciones de mayor importancia de su casa religiosa. La diversidad de diseños y tipologías constituyeron un repertorio que patentiza una polémica que había comenzado a finales del siglo XVI en la capital del virreinato, para discernir entre el uso de bóvedas de arista lisas propuestas por el recién llegado Francisco Becerra y bóvedas vaídas de crucería, utilizadas por los artífices afincados en Lima desde décadas atrás.[5] Este enfrentamiento resumía el afán por permanecer dentro del antiguo pensamiento gótico proveniente directamente desde la península ibérica, ante la nueva ideología que propugnaba la naciente propuesta renacentista. Es notable que hasta en una apartada villa virreinal, se manifestara esta querella, que si bien pareció terminar con una victoria de los conservadores, a la larga acabó configurando una parte del camino hacia el posterior y original barroco virreinal peruano.

Aunque la arquitectura de raíz gótica preponderaba todavía en las edificaciones de las primeras décadas del siglo XVII, desde un principio su adopción registró un cambio significativo en la curvatura de los arcos empleados en Europa, abandonándose por completo la forma ojival por la de medio punto, para constituir los diversos vanos y las generatrices de las bóvedas, tal y como ocurrió en San Agustín de Saña. Con la excepción del vano de ingreso a la portería del convento que posee un dintel, las formas curvas

prevalecieron en todas las terminaciones, contrastando y equilibrando la rigidez de las líneas rectas de los umbrales, peldaños, jambas, pilares, impostas y entablamentos.

Las vaídas de crucería fueron el grupo mayoritario de bóvedas empleado, adaptándose en la iglesia a una planta rectangular sobre el coro, así como en cada tramo de la nave y del presbiterio y también para cubrir a la mayoría de las capillas hornacinas de la Epístola y del Evangelio. Dentro de los parámetros acostumbrados de una planta cuadrangular, esta bóveda también se encuentra sobre el espacio de articulación desde la iglesia hacia el claustro y encima de la tercera capilla hornacina del Evangelio. Igualmente, en el convento se observan estas mismas coberturas encima de los dos ambientes de la portería, y pudieron estar sobre las cuatro habitaciones subsiguientes, que formaban parte de la crujía frontera con la calle, para adaptarse a la planta rectangular del extremo opuesto, configurando lo que Harth-Terré denominó como sala capitular, cuya área estuvo compuesta por tres tramos que nuevamente habrían estado cubiertos por bóvedas vaídas de crucería. Es posible suponer que tuvieron estas superficies curvas, porque todavía perduran las repisas o sotabancos, desde los cuales surgían buena parte de los nervios que estructuraban y ornamentaban las bóvedas.

Las bóvedas vaídas de crucería de la iglesia se caracterizaban por tener los nervios organizados bajo la forma de una estrella de cuatro puntas. Cada tramo de la nave estaba delimitado por arcos fajones de medio punto que se apoyaban sobre amplios sotabancos de mayor altura que voladizo, por lo cual propiamente adoptaron la forma estructural de una cartela. Dichos elementos arquitectónicos definían cada una de las esquinas de los tramos, integrando a su propia forma las respectivas repisas desde donde brotaban los nervios de las bóvedas.

Entre todas ellas destaca por las dimensiones del espacio que cubre y por su elaborado diseño, la construida sobre el coro, de 10,60 × 8,50 m. Adosado al muro de pies se ubicaba el nervio fajón, al igual que en el arco fajón hacia el tramo de la nave. Para cerrar el recuadro, apoyados a los muros de la Epístola y Evangelio se encontraban los nervios formeros. Los nervios diagonales que surgían desde las repisas, cruzaban completamente la bóveda, hasta alcanzar su ápice y proseguir hasta la repisa opuesta. Los nervios cadena se desarrollaban a 90º configurando una cruz,



Figura 2
Perú, iglesia de San Agustín de Saña (1590-1630). Vista de las bóvedas vaídas de crucería del coro alto a los pies del templo, que se organiza en una doble estrella, y del primer tramo de la nave. (Sandra Negro y Samuel Amorós, 2015)

que tenía la peculiaridad de no alcanzar a los nervios fajones ni a los nervios formeros, dejando claramente suspendido al signo cristiano sobre el intradós. Desde cada una de las repisas también brotaban nervios terceletes, que por la forma rectangular del espacio, abandonaron el eje de simetría del nervio diagonal, contándose tan solo uno de ellos hasta llegar al nervio cadena que se superponía al eje longitudinal de la iglesia y dos hasta el otro nervio cadena que lo intersecaba. Desde este momento ya quedaba perfilada una estrella de cuatro puntas hacia las esquinas, que fue amplificada con la adición de nervios combados, bien para definir una circunferencia concéntrica a la clave principal, como para configurar otra estrella alabeada también de cuatro puntas, pero con cada una de ellas dirigida hacia la mitad de los nervios fajones y formeros. Para completar la imagen, las intersecciones entre los nervios terceletes y cadena fueron destacadas con la adición de pinjantes con la apariencia de páteras. La clave principal sobre el ápice de la bóveda, que a su vez señalaba el cruzamiento de los nervios cadena y diagonales, también fue indicada con una pátera, pero a diferencia de las anteriores no tiene la superficie lisa, porque muestra al corazón asaeteado como signo identificativo de los agustinos.

En las bóvedas vaídas de crucería del primer y segundo tramo de la nave central, emplearon una versión simplificada de la cobertura del coro, porque ex-



Figura 3
Perú, iglesia de San Agustín de Saña (1590-1630). Vista de la bóveda vaída de crucería estrellada con los nervios combados formando una circunferencia concéntrica a la clave central, situada en el primer tramo de la antigua capilla hornacina del Evangelio. (Sandra Negro y Samuel Amorós, 2015)

cluyeron completamente los nervios combados. Debido a la actual inexistencia del tercer tramo y de los correspondientes al presbiterio, hemos considerado hipotéticamente que fueron bóvedas similares, como también lo anotaba Harth-Terré. Sin embargo, no podemos descartar que sobre la capilla mayor, los nervios estuvieran dispuestos para generar un diseño más esmerado y de mayor complejidad.

La capilla hornacina entre el presbiterio y la antesacristía, así como el espacio de articulación entre la iglesia y el claustro, desestimaron el uso de repisas, edificando desde los cimientos un cuarto de columna en cada esquina, para hacer brotar desde ellas a cada uno de los nervios diagonales y terceletes. Las otras capillas mantuvieron el uso sotabancos y en general, con los ajustes necesarios a las menores dimensiones de cada espacio, retomaron el diseño de los tramos de la nave, conservándose solamente la cobertura de una de ellas. De forma similar a lo desarrollado en la nave, empleamos la existente en el lado de la Epístola para proponer las bóvedas faltantes en las otras capillas de este sector. No obstante, la parte correspondiente a las capillas del Evangelio constituiría un punto divergente con la aparente repetición del mismo tipo de diseño de nervaduras indicado, porque mientras que en la primera de ellas agregaron nervios combados para delinear una circunferencia concéntrica a la clave principal, en la tercera capilla hornacina adaptaron completamente el diseño usado sobre el coro a una planta cuadrada, reduciendo el número de cuatro de nervios que surgían desde la esquina a tan solo tres.[6] Consideramos oportuno repetir hipotéticamente este mismo tratamiento de los nervios, en la segunda capilla hornacina del Evangelio.

Una bóveda vaída de crucería con características singulares fue construida sobre el espacio de articulación de la iglesia con el claustro. El perímetro de la bóveda quedó definido por nervios fajones y formeros, de cuyas mitades surgían los nervios cadena que se cruzaban con los diagonales en la clave principal y única. Lo novedoso y original de esta superficie curva quedó otorgado por los nervios combados, que concéntricamente definían una circunferencia, que sobre la base de un radio de mayor diámetro, reprodujeron además los pétalos abiertos y estilizados de una flor, para crear propiamente un rosetón.

La cobertura sobre la antesacristía, así como aquella de la sacristía constituyen un enigma que hasta el momento no puede ser resuelto. Si bien Harth-Terré propuso una peculiar bóveda, su conjetura no tiene asideros documentales ni arqueológicos, más aun cuando imaginariamente integró en una misma habitación ambos espacios.

Aunque desapareció la escalera original que posibilitaba el ascenso hasta el coro, el área que la contuvo todavía subsiste. Estuvo situada luego del espacio de articulación de la iglesia con el claustro, en dirección a la portería. Aquí se hizo alarde de un excepcional diseño, consistente en una cúpula rebajada de curvatura carpanel sobre una planta elíptica. La transición de la planta rectangular de la habitación se consiguió por intermedio de pechinas, sobre las cuales se apoyaba una imposta constituida por un entablamento. Por las fotografías tomadas hace 50 años, sabemos que en el ápice existía un óculo que permitía la ventilación e iluminación. Si bien mantenía el intradós liso, en el extradós sucedía todo lo contrario, porque gracias al único nervio completo todavía existente y los remanentes, concluimos que hacia el óculo confluían seis nervios que reforzaban toda la cúpula.

Sobre el sotacoro de la iglesia, los agustinos eligieron cambiar completamente el programa formal de bóvedas empleado hasta entonces, dejando de lado las coberturas utilizadas y tal vez como una intrusión de

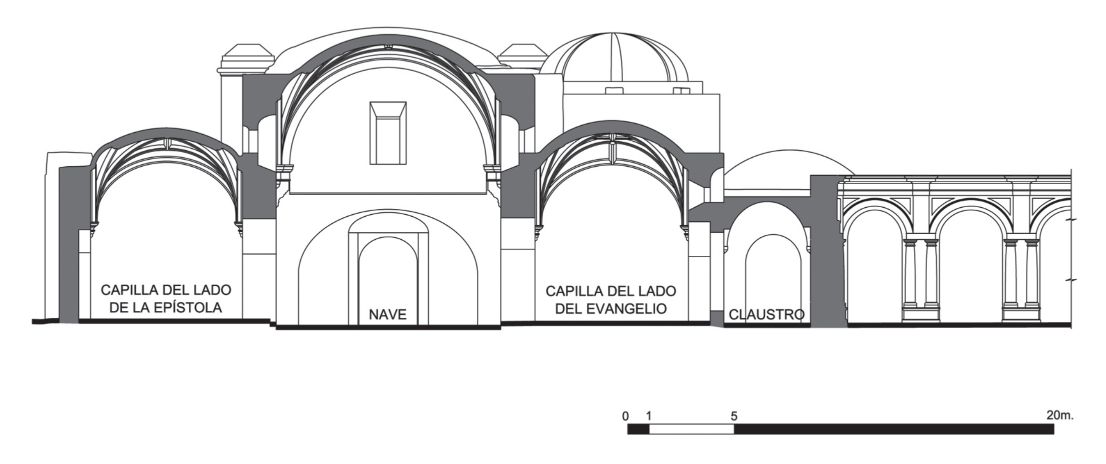


Figura 4
Corte transversal de la iglesia y claustro de San Agustín de Saña. (Relevamiento arquitectónico: Sandra Negro, Samuel Amorós y Oscar Vílchez, 2013)

la polémica desatada en Lima, eligieron construir allí una bóveda de arista lisa sobre una planta rectangular, cuya sencillez ornamental era lo primero que observaban los fieles al ingresar desde el muro de pies al imponente templo, que luego se desplegaba en múltiples y deslumbrantes tramos techados por bóvedas vaídas de crucería. Pero la bóveda de arista no quedó circunscrita a este único lugar. Por el contrario, los remanentes todavía indican que las galerías del claustro mayor estuvieron cubiertas por una sucesión de estas coberturas curvas, sin arcos que las separasen a excepción de los rincones de claustro.

Es probable que la crujía del convento hacia la calle tuviera una sucesión de bóvedas vaídas de crucería. A partir del atrio de la iglesia y hacia la portería, se contaban seis habitaciones similares, de las cuales todavía conservan la cobertura las dos primeras y la sexta. Estas bóvedas tenían en común el hecho de estar delimitadas por nervios fajones y espinazos, así como el compartir un mismo y sencillo diseño constituido por nervios cadenas y diagonales que se intersecaban en el ápice, configurando la clave única.[7] Por esta circunstancia, hemos considerado hipotéticamente, que cada una de ellas tuvo la misma cobertura. A pesar de ello y posiblemente para enfatizar la importancia del espacio, la habitación inmediata al ingreso desde el atrio fue la única con repisas, desde donde surgían los nervios diagonales, que por el contrario no aparecían en los otros cinco espacios consecutivos, porque en su lugar construyeron cuartos de columnas, aún visibles en las otras habitaciones, inclusive hasta en las que permanecen en ruinas. Otro aspecto distintivo en ella, lo constituyó la existencia de nervios combados dispuestos para crear una circunferencia concéntrica a la clave.

Las formas curvas construidas lograron perdurar para establecer una declaración, que a pesar de estar fragmentada, permite vislumbrar una parte poco conocida y estudiada del pensamiento teórico plasmado en San Agustín de Saña, en un momento clave de la historia de la arquitectura virreinal peruana.

Materiales y procedimientos constructivos

La magnitud de una obra de envergadura como la tratada, solo pudo lograrse gracias a una planificación previa, un hecho que descarta cualquier suposición que pretenda entenderla, como el producto de una labor espontánea y de poca destreza.

Desconocemos la profundidad y espesor de los cimientos, porque no existe ninguna documentación virreinal primaria que la consigne, ni tampoco se conoce registro alguno de las calas exploratorias llevadas a cabo, al momento de realizarse las diferentes intervenciones de consolidación ocurridas durante la

segunda mitad del siglo XX. Pese a ello, en los sectores ruinosos es posible observar parcialmente el extremo superior de los cimientos, pudiéndose así deducir que consistieron en un conglomerado de mortero de cal y arena gruesa, junto con piedras rústicas de 0,30 m o más de longitud.

El empleo de coberturas curvas obligó a consolidar los muros de forma tal, que resistieran los empujes laterales, principalmente los producidos por la sucesión de los espacios con una mayor altura, constituidos por el sotacoro, la nave y el presbiterio, sobre los cuales se alzaban bóvedas que cubrían 10,60 m de luz libre. Por esta razón, construyeron muros con un espesor promedio de 1,60 m resueltos íntegramente con ladrillos de arcilla de 0,345 × 0,165 × 0,065 m unidos con mortero de cal y arena, posibilitando que alcanzaran los 5,50 m de alto. A partir de esa altura, se proyectaban las cartelas que sustentaban los arcos fajones, transmitiendo los esfuerzos a los muros, de manera que era innecesario proseguir construyendo con un material tan costoso en la región. Fue así que para culminar el resto del paño vertical hasta la curvatura de las bóvedas, hicieron uso de un ingenioso sistema de arcos ciegos, empleando únicamente adobes asentados con mortero de barro, una solución mucho más económica.

El uso de contrafuertes externos en la iglesia estuvo limitado hacia el atrio lateral, donde los utilizaron para arriostrar los muros, desde la esquina externa del sotacoro, hasta la última capilla hornacina de la Epístola, prologándose los muros perpendiculares a la nave de cada capilla, desde 0,95 hasta tan solo 0,15 m. Es importante destacar que no queda rastro alguno de su empleo hacia el área donde estuvo el presbiterio. Tampoco fueron usados hacia el Evangelio, probablemente por la propia existencia del claustro en ese lado, que habría ayudado a transmitir mejor los esfuerzos generados por las bóvedas.



Figura 5
Perú, iglesia de San Agustín de Saña (1590-1630). Vista de la bóveda vaída de crucería en el tercer tramo de la antigua capilla hornacina del Evangelio, la cual repite en menor escala el diseño de doble estrella de la bóveda del coro. (Sandra Negro y Samuel Amorós, 2015)

Para construir las bóvedas de crucería probablemente emplearon cimbras de madera para delimitar las curvaturas de los diferentes nervios, así como de cada uno de los plementos. Debe haberse tratado de una labor sumamente complicada, que demandó de la mayor experiencia y pericia de parte del artífice, operarios y peones, para llegar a plasmar la traza de cada cobertura curva a una altura que sobrepasaba la decena de metros. Para las nervaduras emplearon ladrillos moldurados de 0,50 m de longitud por 0,055 m de espesor, justamente los necesarios para poder maniobrarlos y conseguir las diversas curvaturas que exigía cada nervio. Estos ladrillos pendían del intradós de la bóveda, con un empotramiento en ella de 0,20 m y eran colocados de canto, con un mortero de cal y arena que en promedio llegaba a los 0,025 m. Los plementos fueron elaborados también sobre la base de ladrillos de 0,49 × 0,265 × 0,08 m que también fueron dispuestos de canto con el mortero indicado. Finalmente, los paramentos e intradoses fueron enlucidos con yeso y encalados.

Reflexiones finales

Esta es una de las pocas obras íntegramente asociadas con la arquitectura gótica de finales del siglo XVI que perduran en el Perú, conjuntamente con los restos arqueológicos de las restantes cuatro iglesias. A lo largo de cinco décadas prácticamente no ha sido estudiada a nivel de análisis arquitectónico y constructivo, después de la publicación hecha por el arquitecto Emilio Harth-Terré en 1964. La planimetría de entonces, adolece de varias incongruencias entre las que destacan su forzada ortogonalidad, diferencias sustanciales en el ancho y largo de los muros, forma de los espacios, equivocaciones en la representación de las bóvedas y la presunción no documentada de elementos, todo lo que imposibilitó un análisis consistente y fundado.

En 1967 se realizó un Proyecto de Restauración del conjunto, cuyo levantamiento arquitectónico tuvo la finalidad de delimitar el área monumental y documentar el proyecto, del cual muy poco fue ejecutado. Estos planos no fueron publicados y al presente se hallan en el archivo del Centro de Documentación de Arquitectura Latinoamericana (CEDODAL) en Buenos Aires.

La presente contribución es la primera que se apoya en un levantamiento arquitectónico realizado con tecnología actualmente vigente y que al ser superpuesto a la planimetría de mediados del siglo XX, se genera una disimilitud significativa. Apoyados en el extenso trabajo de campo y el estudio minucioso de nuestra planimetría, estamos proponiendo una nueva interpretación de su arquitectura, completamente distinta a las anteriores. Concluimos que la planta de la iglesia corresponde a la tipología gótica de una nave con capillas hornacinas, con el presbiterio desarrollado en dos tramos.

Es importante destacar además, que esta ponencia constituye una aproximación parcial dentro de una investigación de mayor envergadura todavía en ejecución, que enfrentará y desarrollará ampliamente el comportamiento estructural del inmueble, los aspectos constructivos de su edificación y el complejo diseño de cada una de sus bóvedas.

El monumento requiere de un proyecto arqueológico integral, junto con estudios arquitectónicos y constructivos que apoyen su puesta en valor y gestión, que al presente se halla simplemente a nivel de escombrado y consolidación parcial.

Notas

1. Esta información consta en la Certificación de la inundación de la ciudad de Saña, hecha por el escribano público Antonio de Rivera y firmada con testigos el 18 de marzo de 1720. Fue publicada por Alfonso Samamé Rodríguez en 1989.
2. Archivo Histórico San Francisco de Lima. Registro 7, folio 94v.
3. Archivo Arzobispal de Lima, sección Inmunidad. Legajo 7, Expediente 23, 1646.
4. En la planta de la iglesia de San Agustín, publicada por Harth-Terré en 1964, figura una sacristía en el lado del Evangelio, de dos tramos y muro testero ochavado con contrafuertes exteriores, y el testero del presbiterio recto. No es posible contrastar al presente esta información, porque la sacristía ya no existe. Sin embargo, es importante destacar que graficó el muro testero del presbiterio de la iglesia Matriz, como interiormente ochavado, lo que no corresponde con los vestigios existentes. Al parecer asumió la planta a la altura de la repisa de arranque de las nervaduras de la bóveda de crucería y esto plantea una duda razonable para el caso de la sacristía de San Agustín.
5. La confrontación alcanzó su mayor ebullición entre los años 1614 y 1615, con el proyecto de Becerra para las bóvedas de la Catedral de Lima. El tema ha sido desarrollado por San Cristóbal 1996, 39-43.
6. El plano de Hath-Terré equivocadamente colocó sobre la tercera capilla hornacina –todavía en pie– la versión simplificada de la bóveda de crucería sin nervios combados, poniendo sobre la segunda capilla hornacina el elaborado diseño indicado.
7. Harth-Terré reprodujo erróneamente sobre el segundo espacio de la portería una bóveda de crucería estrellada de cuatro puntas, similar a la existente sobre la capilla hornacina del lado de la Epístola de la iglesia.

Lista de Referencias

Angulo, Domingo. 1920. «Fundación y población de la villa de Zaña». En *Revista del Archivo Nacional del Perú*. Tomo I, 280-310, Lima.

Harth-Terré, Emilio. 1974. «Los monumentos religiosos de la desaparecida villa de Zaña». En *Perú, monumentos históricos y arqueológicos*. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia. [El texto es idéntico al publicado en 1964 en los Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas de la Universidad de Buenos Aires. Nº 17, 7-24].

Hampe, Teodoro. 2001. «Un capítulo de la historia regional: la ciudad de Zaña y su entorno ante la inundación (1720)». En *Actas de las I y II Jornadas de Historia, Perú-Ecuador un espacio compartido*, 9-36. Piura: Universidad de Piura.

Huertas, Lorenzo. 1993. «Fundación de la villa de Santiago de Miraflores de Zaña. Un modelo hispánico de planificación urbana». En *Historia y Cultura*. Nº 22, 145-205.

Martínez Compañón y Bujanda, Baltazar Jaime. [1790] 1985. *Trujillo del Perú*. Tomo I. Madrid: Cultura Hispánica.

Mesa, José de y Teresa Gisbert. 2003. «El arte del siglo XVI en Perú y Bolivia». En *Summa Artis*. Tomo XXVIII, 315-431. Madrid: Espasa-Calpe.

Samamé, Alfonso. 1989. «Acta original de la ruina de Zaña». En *Boletín del Archivo Departamental de Lambayeque*. Nº 1, 10-12.

San Cristóbal, Antonio. 1996. *La catedral de Lima: estudios y documentos*. Lima: Museo de Arte Religioso de la Catedral de Lima.

Wethey, Harold. 1949. *Colonial architecture and sculpture in Peru*. Cambridge: Harvard University Press.

Volte a spigolo nervate nella Sicilia orientale tra XVI e primo XVII secolo

Marco Rosario Nobile

Tra XVI e XVII secolo nel sud est della Sicilia, tra le città di Siracusa, Noto, Modica e Ragusa, sopravvissero e si concentrarono alcune esperienze di stereotomia che non sono ancora state opportunamente valutate. Il principale problema che la ricerca storica deve affrontare è legato agli effetti del disastroso terremoto del gennaio 1693: molteplici fabbriche e intere città sono andate perdute. La scomparsa della maggior parte delle architetture ha condizionato la ricerca che solo in tempi molto recenti sta facendo emergere le personalità e le attività dominanti che interessano il campo del taglio della pietra. È così diventato evidente che molte delle conoscenze usate nella grande ricostruzione post terremoto non dipendono solo dall'aggiornamento teorico degli operatori su testi e su trattati a stampa, ma affondano le loro radici nel passato locale, in esperienze che vanno interpretate intersecando i documenti con le opere sopravvissute.

Tra 1555 e 1556 un devastante crollo colpì il cantiere del convento di Santa Chiara a Noto.[1] Le coperture delle tre grandi crociere che coprivano il nuovo refettorio, appena inaugurate, rovinarono. L'anno precedente i maestri Francesco Cirami e Giacomo Siracusano erano stati incaricati della costruzione.[2] Il contratto prevedeva volte a crociera senza costoloni interamente realizzate in pietra leggera denominata *tufo*, mentre solo la chiave sommitale doveva essere realizzata in pietra più resistente cioè con *cantuni bianchi*. Si trattava di uno dei molteplici tentativi avviati nel Cinquecento per costruire volte ispirate al mondo antico e liberarsi dalla schiavitù del costolone. La prescrizione prevedeva un compenso specifico per i conci posizionati sugli angoli che dovevano comportare una lavorazione speciale: «uncias septem…per fari li incontri dili dammusi», ma l'indicazione sembra anche svelare un'attenzione specifica al disegno degli angoli. Possiamo tuttavia presumere che il difetto che avrebbe provocato il crollo non era legato alle geometrie dell'intaglio ma stava probabilmente nella fragilità della pietra selezionata, che lungo le linee di forza e agli appoggi non aveva offerto adeguata resistenza al peso della struttura. In questo senso, gli accorgimenti previsti —come il riempimento dei rinfianchi del primo terzo della monta: «et impliri li terzi dili dammusa per quanto è lu bisognu»— si erano rivelati controproducenti. Il tufo, poco costoso e facilmente lavorabile, non era adatto per realizzare volte di una certa dimensione. A parte una cospicua multa non sembra comunque che gli artefici delle volte crollate di Noto subirono condanne o ritorsioni con conseguenze più ampie nella loro attività lavorativa. Il loro prestigio rimase indiscusso (Capodicasa 2013, pp. 68-74) poiché probabilmente si era trattato di un esperimento promosso dalla committenza e forse da un architetto dilettante.

Nella seconda metà del XVI secolo nella Sicilia sud orientale non esistevano molte alternative per la costruzione di volte. Molto rare erano le fabbriche in laterizio, non ancora affermati i sistemi leggeri che usavano un conglomerato di pietrame e calce o le strutture in legno, canne e gesso. Queste tecniche «moderne» erano invece ormai in uso nelle grandi

città di Palermo e di Messina e garantivano spinte moderate, velocità di esecuzione, buona durata. Nella maggior parte delle fabbriche del sud est dell'isola e dell'estremo lembo occidentale le volte dovevano invece essere realizzate con la cosiddetta *pietra franca*, cioè forte e dura, e con una lavorazione di intaglio più complessa e tempi di esecuzione dilatati. Le competenze e le abilità necessarie per questo tipo di costruzione erano generalmente apprezzate. Da una serie di reperti ancora conservati si può arguire che tra XV e XVI secolo erano stati compiute prove con elementi lapidei più leggeri. A Ragusa, una chiave di volta per otto costoloni, risalente agli anni Venti del Cinquecento (Museo del duomo di San Giorgio), indica come alcuni maestri, probabilmente non locali, stessero cercando delle alternative. In questo caso si tratta della *pietra pece* (un calcare tenero impregnato di bitume, facilmente lavorabile), un materiale che sarebbe stato usato sistematicamente in architettura solo nel primo Settecento, quando abbiamo notizia dell'aperture di apposite cave.

Nella prima metà del XVI secolo esistono anche tentativi di costruire volte a spigolo, evitando l'uso dei costoloni. Un esempio è quello, datato ante 1538, della piccola cappella della *Dormitio Virginis* nella chiesa di Santa Maria delle Scale a Ragusa. Non sappiamo se in questo caso l'insieme andasse intonacato, per celare i disarmonici incastri dei giunti, ma da molteplici esempi contemporanei è anche palese l'esistenza di una estetica della pietra a vista che valutava con positività il ruolo dell'intaglio. In genere l'incastro dei giunti angolari previsto per le volte a spigolo in pietra riprendeva modelli locali del XII secolo e replicava l'intersezione dei conci «a fischietto» o «a matita» molto diffusi in età normanna e presenti anche in certe soluzioni del periodo svevo. Da quanto è possibile intuire, a partire dalle conoscenze attuali, si trattò di una ripresa. Esattamente come accade per le cupole che riappaiono nel Cinquecento con forme decisamente neo-normanne, per la costruzione delle volte a crociera nude non c'era stata una continuità di esperienze dal XII al XVI secolo.

In assenza di resti consistenti e certamente databili nella Sicilia orientale, si può fare per esempio riferimento all'atrio della chiesa del Carmine a Marsala che rielabora un modello del Medioevo locale (figura 1).

Non conosciamo le date di realizzazione del portico di Marsala, ma l'esistenza di un portico analogo



Figura 1
Marsala, volte sull'atrio della chiesa del Carmine (archivio Cosmed)

nella chiesa dell'Annunziata a Castelvetrano, datato per via documentaria al 1520 e oggi ridotto a rudere, può aiutare ad individuarne gli ambiti.[3] Il fenomeno, come è noto, si inscrive da un lato in un dibattito a scala europea, che è stato già delineato da Arturo Zaragozá (2010). D'altro canto lo studio degli esempi antichi locali appartiene al ciclo dei rinascimenti e al compito di «attualità operativa» che continuavano ad esercitare certe architetture del passato.

Uno dei casi più problematici e che potrebbe persino risalire alla seconda metà del XV secolo (ma anche essere frutto di radicali restauri successivi) è quello della tribuna della chiesa di Santa Maria dei Miracoli a Siracusa, dove la struttura è geometricamente ottenuta con una vistosa intersezione di due volte a botte di differente dimensione. L'uso di conci angolari in questo caso non riprende i modelli tradizionali e si avvicina al sistema più regolare della forma «a coda di rondine». In realtà la ricchezza degli esempi presenti storicamente a Siracusa è ancora tutta da valutare e gli elementi da considerare sono incerti. Sappiamo che nel 1613 l'accademico dei Lincei Vincenzo Mirabella descrivendo una singolare fabbrica collocata presso il tempio di Diana a Siracusa ne rilevava l'eccezionalità: «Su questo Tempio in tempo delli Francesi, vi fu fabricata una casa, la quale ancor oggi è rovinata, e si conosce per alcune volte, che ancora si veggono alla maniera Francese, con si raro artificio, che conosciuto avervi posto mente, con molta meraviglia s'han voluto prendere modello



Figura 2
Noto antica, concio di una volta a crociera (archivio Cosmed)

dell'intaglio delle pietre, come fra loro si vanno connettendo, già che ogn'un di loro è intagliata in dieci faccie» (Mirabella [1613] 1717, 25). La possibilità che si trattasse di un sistema assimilabile alle volte mamelucche appare molto concreto (Garofalo y Nobile 2015).

Tra i resti del palazzo reale di Noto si sono rintracciati conci angolari a coda di rondine la cui datazione è problematica (figura 2).

Sappiamo che nel 1582 si attuò una consistente serie di lavori per costruzioni di volte ma nello stesso documento si scrive che si tratta di «un palazzo di bellissima architettura incommenzato ad edificarsi multi anni sonno».[4] Nel 1531 una delle volte del castello di *iusu,* sempre a Noto, era stata presa a modello per la costruzione della copertura della chiesa di Santa Maria della Scala della stessa città: «et lu dammusu farilu di petra agiorgiata facta disignata alu modu et forma è lu dammusu dilu castellu di iusu».[5] Niente esclude che i conci in pietra ritrovati a Noto appartengano a questa fase precoce e ancora poco studiata.

Le volte di Santa Chiara a Noto sembrano comunque introdurre un ulteriore livello di sperimentazione, attraverso l'adozione di un materiale più leggero coniugandolo con geometrie di taglio forse utilizzate solo da pochi anni. Un crollo di questa entità deve comunque avere determinato una riflessione che sta alla base di soluzioni successive.

Nelle città della Sicilia sud orientale non è raro imbattersi in volte, solitamente a crociera, realizzate in tufo e dove la pietra più resistente viene applicata solo sugli spigoli con dei conci a coda di rondine. All'imposta i conci sono piegati a 90 gradi e, man mano che la struttura si alza, l'angolo si apre per sparire in corrispondenza della sommità. La maggior parte di queste costruzioni risale al Settecento, ma è necessario capire quando questa soluzione sia nata e quali possano esserne stati i modelli. Le ragioni che stanno alla base del successo sono comunque facilmente comprensibili: si tratta a tutti gli effetti di una volta nervata, che convoglia le forze sugli spigoli e che presenta l'ulteriore vantaggio di permettere un risparmio sulle centine. Le date di esordio del modello della volta a spigolo con due materiali diversi non appaiono ancora chiare, ma con una certa approssimazione si possono circoscrivere agli ultimi anni del Cinquecento o ai primi del secolo successivo. Solo a partire dal XVII secolo possediamo una documentazione che ne testimonia con certezza l'adozione. L'identificazione passa infatti attraverso l'adozione di un vocabolario speciale. I conci angolari sono definiti con un termine specialistico *respichi* o *risichi*.

I primi casi documentati appartengono al secondo decennio del Seicento, ma è solo qualche anno più avanti che i contratti delineano con maggior precisione la forma e i materiali utilizzati.

Nel luglio 1624 i maestri Antonino Medina e Matteo Ramundaczo devono realizzare un «dammuso di tufo con soi respichi di intaglio à gavita» a Scicli nella cappella della Madonna della Grazia, all'interno della chiesa di santa Maria della Croce.[6] In questo caso è ancora più chiara la differenziazione tra la volta (*dammuso*) in pietra leggera e i conci angolari *di intaglio*, mentre con *gavita* si definisce la volta a padiglione. Lo stesso criterio si usava per volte a crociera come succede nella chiesa di San Matteo a Scicli, quando il maestro Arcangelo Dierna deve realiz-



Figure 3
Siracusa, Palazzo Comunale, volte sull'atrio; chiostro dei Cappuccini, volte; Ragusa, ricostruzione delle volte sul chiostro dei Cappuccini; Scicli, convento di Sant'Antonino, volta della Sagrestia (archivio Cosmed)



Figure 4
Siracusa, Palazzo Comunale, volte sull'atrio; chiostro dei Cappuccini, volte; Ragusa, ricostruzione delle volte sul chiostro dei Cappuccini; Scicli, convento di Sant'Antonino, volta della Sagrestia (archivio Cosmed)

zare la copertura della navata principale nel 1625: «li dammusi voltati a lamia di petra di tufo et li respichi di petra di taglio della pirrera».[7] Il successo del sistema continua ancora nel 1640, quando un capomastro milanese, Antonino Ferrata, completava la copertura del coro della chiesa di San Pietro a Modica «fare un dammuso di tufo di menzo punto, et a gavita guarnito di respichi, et fari di petra franca d'intaglio conforme appare nel disegno».[8] Tranne il maestro milanese, che comunque era attivo da alcuni anni in quest'area dell'isola, tutte le altre personalità sono in qualche misura relazionate da rapporti di parentela o di lavoro. Ai casi documentati, occorre aggiungere qualche ulteriore esempio seicentesco ancora esistente e databile indirettamente: come l'atrio del palazzo senatorio di Siracusa (post 1619)**,** il chiostro dei Cappuccini di Ragusa (secondo decennio del XVII secolo, con una campata centrale allungata) o la volta nella sagrestia della chiesa di Sant'Antonino a Scicli (prima metà del XVII secolo) (figure 3-4-5-6).

Nel caso del palazzo comunale di Siracusa abbiamo la certezza dei maestri coinvolti nella costruzione, si tratta dei Vermexio, maestri spagnoli, attivi nel sud est dell'isola almeno dall'ultimo decennio del XVI secolo. Se nel secondo decennio del Seicento la pratica risulta comune in vari centri, a Siracusa come a Scicli o a Modica, possiamo dedurre che l'inizio della serie deve essere precedente, forse almeno di una generazione, ma non sappiamo quale possa essere stato il cantiere da cui le esperienze si sono dipartite, che è il vero problema storiografico che occorre affrontare in occasioni come questa.

Nell'Italia meridionale sussiste un esempio che merita qualche osservazione. La cappella del castello di Taranto offre una volta a lunette che presenta *respichi* realizzati con una pietra di maggiore consistenza (figura 7).

Non sembra comunque che questo episodio abbia prodotto ulteriori esiti nel contesto dell'Italia meridionale. Per la cappella si sono offerte datazioni precoci (Farella 2009), ma i dati, seppure ancora labili, spostano la costruzione della volta almeno alla fine del Cinquecento. In effetti la data presente in una tar-

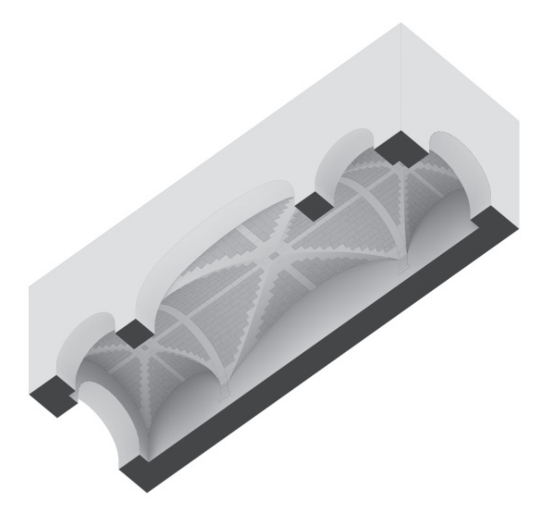


Figure 5
Siracusa, Palazzo Comunale, volte sull'atrio; chiostro dei Cappuccini, volte; Ragusa, ricostruzione delle volte sul chiostro dei Cappuccini; Scicli, convento di Sant'Antonino, volta della Sagrestia (archivio Cosmed)

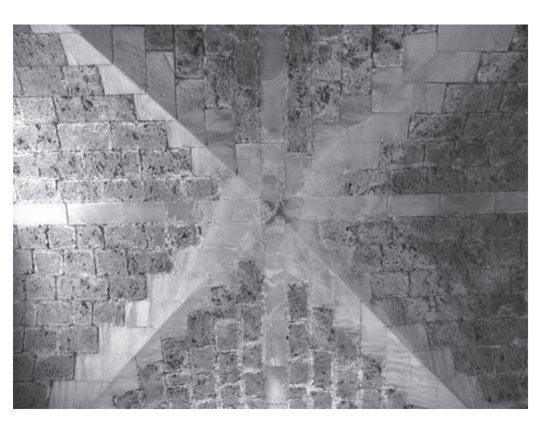


Figure 6
Siracusa, Palazzo Comunale, volte sull'atrio; chiostro dei Cappuccini, volte; Ragusa, ricostruzione delle volte sul chiostro dei Cappuccini; Scicli, convento di Sant'Antonino, volta della Sagrestia (archivio Cosmed)

ga contenuta nella cappella, il 1591, appare più compatibile delle proposte sinora elaborate. Uno sguardo alla struttura nel suo complesso è utile per chiarire questo aspetto essenziale. In Puglia esistevano certamente cupole in pietra con pennacchi, come per esempio quella della chiesa madre di Cursi (Giannuzzi 1998, 70-74), voltata entro il 1558, molto più problematico era certamente l'inserimento di aperture ad arco nella calotta (figura 8).

L'intersezione geometrica che si genera in questa circostanza comportava una esperienza notevole nel campo della stereotomia. Immaginare una esecuzione delle coperture della cappella di Taranto in date precoci si scontra con le conoscenze che possediamo oggi sulla storia della stereotomia nella prima età moderna. In realtà, anche le laconiche fonti documentarie contribuiscono a delineare una cronologia diversa In una relazione del 1574 non si fa cenno all'esistenza di una volta, ma a un tetto ligneo: «Et



Figura 7
Taranto, cappella del castello, volta (foto M. M. Bares)

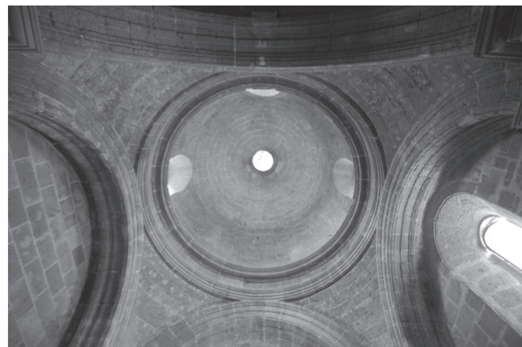


Figura 8
Taranto, cappella del castello, cupola (foto M. M. Bares)

più nella sala della cappella e necessario mutar alcune accavallature del tetto et restaurarlo tutto costerà ducati cento»; mentre lo stesso documento indica come in spazi adiacenti alla stessa cappella fosse necessario costruire delle volte in pietra: «Item tra la cappella et il Torrione della campana s'ha da fare una stantia che sta incominciata et sono fatti tre muri di essi, e necessario comprirla et scoltarli una lamia sopra la quale se ha de tener et passar l'artiglieria costerà dette stantie ducati doi cento».[9] Questa precisazione cronologica rende l'esempio di Taranto ascrivibile a una fase successiva che riteniamo molto più compatibile con le date che si sono ipotizzate possano costituire il momento di innesco delle esperienze siciliane. L'esempio pugliese però potrebbe costituire un indizio e indicare che la soluzione sia stata importata anche in Sicilia da ingegneri militari.

La discontinuità dei materiali, con il mattone al posto del tufo, compare in esempi francesi dei primi anni del XVII secolo, per i quali non è ancora facile individuare l'origine. Forse il passaggio si configurò a partire dagli esempi di strutture nervate, e alcuni tra i primi esempi potrebbero essere legati ai costruttori Gabriel e in particolare al capostipite François (1550 ca.-1610) In questo senso si possono ricordare le volte collocate sulla scala a sbalzo dello chateau di Carrouge, o alcune coperture dello chateau di Fervaque (Perouse de Montclos 2012, 11-14). L'esempio comunque più noto è certamente quello delle volte dei portici di Place de Vosges (figura 9).



Figura 9
Parigi, Place de Vosges, volte (archivio Cosmed)

Probabilmente a partire dagli esiti raggiunti in questo cantiere si generarono ulteriori episodi che attraversano il XVII secolo.

In relazione ai casi siciliani, la configurazione dei conci angolari, la struttura delle chiavi in forma di croce o l'inserimento di una cornice quadrata a delimitare la sommità appaiono eccezionalmente simili, così diventa problematico pensare che si tratti di soluzioni indipendenti, basate su paralleli criteri razionali di costruzione e che solo casualmente pervengono a risultati analoghi. Di contro quando nel 1630 un architetto francese, Antoine Garcin, si ritrova nel cuore del Mediterraneo, a Malta e progetta l'Auberge de Provence de La Valletta, la risoluzione delle volte a crociera del primo piano appare a tutti gli effetti sconcertanti. L'idea è sempre quella di costoloni immersi nella muratura, ma i criteri di ammorsamento dei conci sulle diagonali e la costruzione delle vele appaiono decisamente differenti e più rudimentali. Nell'Auberge de Provence, i *respichi* dichiarano comunque con evidenza la loro derivazione da pseudo costoloni immersi nella muratura (figura 10).

In assenza di dati ulteriori sulle volte siciliane, si può tentare di giungere a qualche conclusione provvisoria descrivendo il profilo di alcuni tra i maestri coinvolti nella loro costruzione. A Siracusa l'autore dell'atrio del palazzo comunale è Andrea Vermexio, uno degli esponenti di una famiglia ramificata di costruttori spagnoli, attivi a Siracusa dall'ultimo decennio del XVI secolo e provenienti da un piccolo centro che non è stato ancora identificato: Martin Nigro (Agnello 1959, 11). Le capacità di intaglio di Andrea sembrano palesi a partire dai rari esempi documentati come la cappella del Rosario nella chiesa di San Domenico a Siracusa, dove il maestro è chiamato «a voltarci una lamia tunda di rustico con lo suo lanternuni» (24 settembre 1623).[10] Si trattava con ogni evidenza di una volta a vela con lanternino.

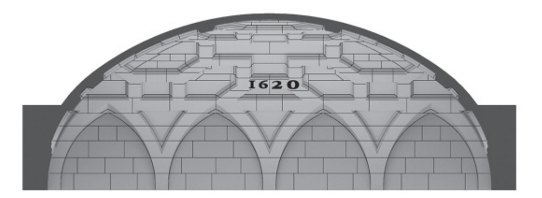
Nessun documento lega direttamente i Vermexio con la formula individuata nei documenti con il termine *respichi* ma se si pensa che uno dei primi esempi certi coinvolge un maestro Antonino de Medina, si potrebbe anche sospettare che il veicolo di trasmissione del modello possa essere dovuto a maestri di provenienza castigliana. Le assonanze con le volte disegnate da Vandelvira, in particolare la «capilla quadrada por arista» o la «capilla quadrada en vuelta redonda», potrebbero confermarlo.



Figura 10
LaValletta (Malta), auberge de Provence, volte del piano terra (foto Armando Antista)



Figure 11-12
Modica, chiesa di San Pietro, volta di una cappella; ricostruzione della stessa volta (archivio Cosmed)



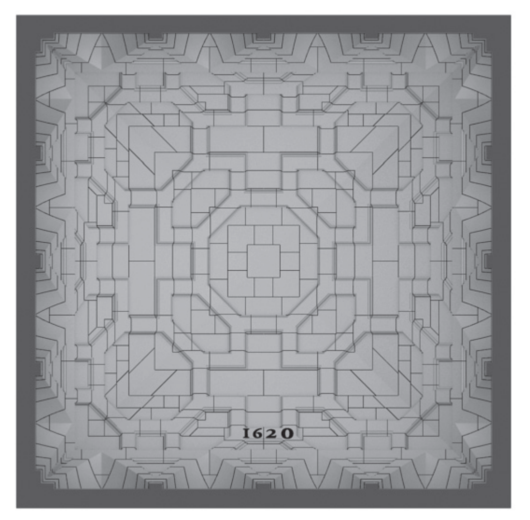


Figure 12
Modica, chiesa di San Pietro, volta di una cappella; ricostruzione della stessa volta (archivio Cosmed)

I maggiori indiziati sono comunque gli appartenenti a un'altra saga di maestri, attivi tra Ragusa e Modica e documentati già nella prima metà del Cinquecento. Il primo caso sinora emerso di definizione di conci angolari in una volta è dell'agosto 1619 quando i maestri Teodoro e Vito Dierna, padre e figlio, realizzano delle cappelle nella chiesa di San Pietro a Modica: «li dammusi con soi risichi».[11] In questo caso si tratta di volte a padiglione, con appoggio su lunette e che contengono una decorazione scolpita che rimanda a un disegno di Sebastiano Serlio per soffitti lignei (figure 11-12).

Il medesimo riferimento si ritrova nei resti della cappella Riva in Santa Maria di Gesù a Modica, realizzata a partire dal 1584 su disegno del maestro Mauro Galfo. Non sappiamo in realtà se la copertura, che dai resti ancora esistenti in loco presumiamo do-

vesse coprire la struttura, appartenesse a questa fase o a un momento successivo. Certamente emergono le singolari similitudini con alcune volte della Lonja de Contrataciones di Siviglia, ma anche in questo caso non è facile capire se siano esistite relazioni dirette o mediate (Nobile 2012, 83-84). Il contratto del 1619 prescriveva l'esecuzione di un disegno fornito dai committenti. Non esiste certezza sul grado di definizione dei grafici, se cioè contenessero anche indicazioni sull'intaglio dei singoli conci o se la fase esecutiva fosse affidata all'esperienza e pratica dei maestri. Nel 1602 il contratto relativo al rifacimento dell'arco maggiore della chiesa madre di Buscemi non lascia dubbi: il maestro Pietro Costantino si impegnava a costruire l'opera, a intagliare i singoli conci e posizionarli nello stesso modo in cui erano stati disegnati dal medesimo maestro.[12] L'insistenza della prescrizione sulla conformità al disegno, oltre che garantire i committenti e agevolare il controllo del lavoro degli intagliatori, indica indirettamente che doveva trattarsi di conci con una geometria del tutto inconsueta.

Sebbene non sia privo di rischi immaginare un compatto ambito lavorativo, il ruolo delle dinastie artigiane, comporta meccanismi di formazione delle nuove leve all'interno di un ristretto ambito familiare, che potrebbe ulteriormente aiutare a spiegare gli esiti. In questo senso il ruolo professionale dei Dierna offre credenziali non trascurabili.

I primi documenti sinora rintracciati indicano che un Geronimo Dierna, figlio del maestro Matteo, è coinvolto nel 1547 nella costruzione del campanile di San Francesco a Ragusa.[13] La decorazione ad archetti ribassati e fiori di giglio ricorda quello presente nella cappella absidale di Sant'Antonio a Scicli (una volta a padiglione ottagonale con sezione semicircolare e costoloni sugli angoli) e potrebbe presupporre un intervento dello stesso maestro in questa fabbrica (figura 13).

Probabilmente meno di mezzo secolo dopo la sagrestia dello stesso convento venne coperta con *respichi*. Un altro Dierna, Mariano, sembra poi coinvolto in una fabbrica che ha molti punti di contatto con la cupola di Scicli: la cappella Naselli nella chiesa di San Francesco a Comiso (Rotolo 2002). Sorge quindi il sospetto che i Dierna si muovessero al seguito di qualche maestro come Francesco De Leone, la cui autorevolezza è confermata dall'avere ottenuto una sepoltura nella chiesa francescana di Comiso, dove era stata appunto costruita la cappella dei conti Naselli. Nel 1548 un terzo Dierna, Antonuzzo, figlio del defunto maestro Matteo (e pertanto fratelli di Geronimo?), realizza una volta a crociera (*a lamia*) nella casa del nobile Antonio de Iurato a Ragusa che, a giudicare dal contratto, non prevedeva costoloni.[14] Questo medesimo Dierna è poi coinvolto nella costruzione della residenza di campagna del barone Filippo Giavanti nei pressi di Ragusa.[15]



Figura 13
Scicli. Sant'Antonino, cappella absidale (archivio Cosmed)

Anche attraverso dati frammentari, alla metà del Cinquecento le diramazioni familiari e il volume di impegni che vedono coinvolti i Dierna disegna un quadro di operosità già affermato, ma in qualche misura specialistico. Va ricordato che nel corso del XVI secolo, nessuno dei Dierna risulta attivo nei più imponenti (e fortunosamente documentati) cantieri del tempo: le mura della città di Noto o le grandi fabbriche chiesastiche di Modica (Nobile 2015). Fu all'interno di questa squadra di maestri, forse proveniente da esperienze esterne all'isola, che si posero le basi di un criterio costruttivo che sfruttava la discontinuità dei materiali e che per la sua efficacia avrebbe avuto la forza di espandersi e persistere sino al pieno Settecento? I dati sinora emersi sembrerebbero confermarlo.

Note

The research leading to these results has received funding from the European Research Council under the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013)

/ ERC grant agreement n° 295960 – COSMED. Ringrazio Si ringrazia anche l'allievo dottore Armando Antista per le indicazioni relative a Malta.

1. Archivio di Stato di Siracusa (ASSr), sez. di Noto, notaio G. Palminteri, vol. 6521, ff. 288r-289r, 9 aprile 1556.
2. ASSr, sez. di Noto, notaio G. Palminteri, bast. 1554-55, documento del 18 marzo 1555.
3. Archivio Comunale di Castelvetrano, notaio B. Dionisio, aa. 1519-20, c. 182r. Documento segnalato e trascritto, con qualche imprecisione (Giardina e Napoli 2008, 126-127).
4. Archivio di Stato di Palermo, Tribunal del Real Patrimonio, Memoriali, vol. 257, f. 91r. Si ringrazia Nicola Aricò per la segnalazione.
5. ASSr,, sez. di Noto, notaio B. Fusca, vol. 6400, f. 70r (18 aprile 1531).
6. Archivio di Stato di Ragusa (ASRg), sez. di Modica, notaio F. Miccichè, vol. 484/23, cc. 740r-741v.
7. ASRg, sez. di Modica, notaio G. Cartia, vol. 485/28, cc. 836r-841v.
8. ASRg, sez. di Modica, notaio F. Rizzone, n. 209, vol. n. 26, cc.491v-493v, 21 agosto 1619. Documento segnalato e trascritto in Nifosì 2014.
9. Archivo General Simancas, Estado Napoles, 1065/38, 21/1/1574), documento trascritto in Brunetti 2006, 226-227.
10. ASSr, notaio N. Rizza, b. 11079, c. 304 r.
11. ASrg, sez. Modica, notaio P. Trindullo, n. 175, vol. n. 31, cc. 452v-453v, 17 agosto, 1582. Sulla vicenda della collocazione della cappella: Nifosì 2013.
12. ASSr, notaio B. Accaputo, vol. 3353, doc. del 10 novembre 1602). (Messina Turibio 1995, 48).
13. ASRg, sez. Modica, notaio B. La Mussa, vol. 353-1, c.222v, 12.1.1547 V Ind.
14. ASrg, sez. Modica. notaio B. La Mussa, vol. 353-1, c.607r, 7.8.1548 VI Ind.
15. Asrg, sez. Modica, notaio F. Riggio, vol. 352, 10, 2 aprile 1540.

Lista di referenze

Agnello, Giuseppe. 1959. *I Vermexio, architetti ispano-siculi del secolo XVII*. Firenze: La Nuova Italia.

Brunetti, Oronzo. 2006. *A difesa dell'Impero. Pratica architettonica e dibattito teorico nel Viceregno di Napoli nel Cinquecento*. Galatina: Congedo Editore.

Capodicasa, Antonello. 2013. «La costruzione della Domus Consilii a Noto Antica (1559-1604)». *Lexicon. Storie e architettura in Sicilia e nel Mediterraneo*, 16: 68-74.

Farella, Vittorio. 2009. «La chiesa rinascimentale di San Leonardo nel castello aragonese di Taranto». In *Il Castello aragonese di Taranto, studi e ricerche.* Atti del II Seminario. Taranto: Scorpione.

Garofalo, E., Nobile, M. R.. 2015. «Stereotomy of the Late-Medieval Mediterranean. Crossroads of experimental design». In *Proceedings of 5th International Congress on Construction History*, ed. by B. Bowen, D. Friedman, T. Leslie, J. Ochsendorf, vol. III, 239-246. Chicago: Construction History Society of America.

Giannuzzi, Donato. 1998. *Cursi. La storia, la vita, la pietra*. Lecce: Congedo Editore.

Giardina, A., Napoli, V. 2008. *La chiesa dell'Annunziata in Castelvetrano*. Castelvetrano: Officina di Studi Medievali.

Messina Turibio, Lidia. 1995. *Buscemi. Prima e dopo il terremoto del 1693*, Siracusa: Archivio di Stato di Siracusa.

Mirabella, Vincenzo. [1613] ed. 1989. *Dichiarazioni della pianta delle antiche Siracuse…,* 25. Siracusa - Palermo - Milano: Arnaldo Lombardi Editore.

Nifosì, Paolo. 2013. *Mauro Galfo, La cappella Riva e alcuni grandi cantieri ecclesiastici di Modica del Cinquecento*. In Ragusanews.com (12-8-2013).

Nifosì, Paolo. 2014. *La famiglia Mazzara e la chiesa di San Pietro*. Ragusanews.com (24/11/2014).

Nobile, Marco Rosario. 2009. «Tra Gotico e Rinascimento: l'architettura negli Iblei (XV–XVI secolo)». In G. Barone e M.R. Nobile, *La storia ritrovata. Gli Iblei tra gotico e rinascimento*, 49-93. Comiso-Ragusa: BAPR.

Nobile, Marco Rosario. 2015. *Modica nel Cinquecento: le grandi fabbriche chiesastiche*. Palermo: Caracol.

Perouse de Montclos, Jean Marie. 2012. *Ange-Jacques Gabriel. L'héritier D'une dynastie d'architectes*. Paris: Édition du Patrimoine.

Rotolo, Filippo. [1984] ed. 2002. *Comiso. La Chiesa di San Francesco d'Assisi*. Palermo: Biblioteca Francescana.

Zaragozá Catalán, Arturo. 2010. «Cuando la arista gobierna el aparejo: bóvedas aristadas». In *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*, editado por A. Serra Desfilis, 187-224.Valencia: Universitat de Valencia.


ISBN 978-84-9728-549-0
9 788497 285490